2e Année N° 12 Décembre 1935

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Mesures de la radiation solaire en A. E. F.
Emploi du théodolite Le Prieur au delà des limites normales d'utilisation.
Analyse préliminaire des pluies à Dakar.
Rôle catalyseur de l'air polaire dans la genèse d'un cyclone tropical.
Comparaison de la méthode des moyennes avec celle des combinaisons linéaires dans l'étude des variations diurnes.
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 6 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,
11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)
-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-
Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL
(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . .	35 francs.
ETRANGER	40 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix de la collection 1934 . . . . . 45 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1935 sont publiés à l'aide de subventions de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de l'Académie des Sciences Coloniales et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État ;
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS
Téléph. : Anjou 25-60

Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaire
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Mesures de la radiation solaire effectuées par la Mission française en Afrique Équatoriale

(Année Polaire internationale 1932-1933)

Introduction

La répartition de la chaleur solaire sur les différents points du globe terrestre constitue un des facteurs essentiels de la thermodynamique de l'atmosphère et par conséquent des mouvements généraux des courants aériens.

Au cours des vingt dernières années, de nombreuses mesures de la radiation solaire ont été faites mais à peu près exclusivement dans des observatoires situés sous des latitudes moyennes ou élevées. Il paraissait donc intéressant d'établir quelques points de comparaison avec les régions équatoriales où la forte tension de la vapeur d'eau et l'atmosphère fréquemment nuageuse exercent, par absorption, une action sensible.

C'est pourquoi l'étude de la radiation solaire constituait un des ordres de recherche de la Mission française de l'Année Polaire internationale en Afrique équatoriale.

Par suite de difficultés d'ordres divers, il n'a pas été possible de commencer les observations avant le mois de mars 1933. A cette date, la moyenne élevée de la nébulosité a réduit considérablement les possibilités de mesure de la radiation directe, mais les travaux seront poursuivis à la station météorologique de Bangui afin d'obtenir un ensemble de renseignements analogues à ceux publiés dans le bulletin actinométrique international.

Appareils

Les appareils utilisés pour les mesures se composaient de :

A) *Appareils à mesure directe*

1° Un pyrhéliomètre d'Angström, destiné soit à l'étalonnage des autres appareils, soit aux mesures de la radiation directe. Deux cellules interchangeables, dont les constantes avaient été calculées par M. Volochine, permettaient un contrôle de l'appareil.

2° Un actinomètre de Michelson muni de ses filtres. Cet appareil, parvenu à Bangui en mauvais état (fourche cassée), a pu être réparé sur place et a donné par la suite des résultats satisfaisants.

B) *Appareils destinés à l'enregistrement*

1° Un solarimètre de Moll-Gorczynski, monté sur un mouvement d'horlogerie maintenant constamment l'appareil orienté vers le soleil.

2° Un solarimètre Volochine pour la mesure de la radiation globale.

3° Un solarimètre du même type que le précédent et muni d'un écran entraîné par un mouvement d'horlogerie et permettant la mesure de la radiation diffuse.

4° Un solarimètre universel orientable en tous sens et dont la cellule tournée vers le sol recevait la radiation réfléchie.

Ces quatre appareils étaient reliés à un millivoltgraphe à distribution d'enregistrement par cames et à quatre points. Cet instrument, le premier d'une série construite par les établissements Brion Leroux et Jeanno, n'a pas donné satisfaction par suite d'une erreur de dimension des cames et de quelques autres imperfections mécaniques de telle sorte que les appareils de mesure des radiations ont été connectés à un galvanomètre à miroir et utilisés pour les mesures directes.

Etalonnage des appareils. — Le pyrhéliomètre d'Angström était utilisé, comme nous le disions précédemment, pour l'étalonnage des autres appareils.

En général, les essais d'étalonnage avaient lieu vers 12 heures, c'est-à-dire au moment où le mouvement apparent du soleil est le plus faible. Cependant l'opération a été renouvelée, à titre de contrôle, pour diverses hauteurs du soleil.

Par ciel clair, on mesure la radiation globale au moyen du solarimètre à étalonner. Le galvanomètre à miroir indique une déviation N. On masque ensuite le soleil au moyen d'un écran afin de n'évaluer que

la radiation diffuse, la déviation devient *n*. Simultanément, au moyen du pyrhéliomètre, on mesure la radiation directe I *sin h* est la hauteur du soleil au dessus de l'horizon, l'intensité de la radiation directe reçue par centimètre carré de surface est I *sin h*. Cette valeur correspond à la différence trouvée entre la radiation globale et la radiation diffuse, soit à N–*n* divisions du galvanomètre.

Il est facile d'établir un contrôle en mesurant la radiation directe au moyen du solarimètre universel type Volochine et en comparant la valeur trouvée à celle obtenue au moyen du pyrhéliomètre.

La même technique servait à l'étalonnage du solarimètre Moll-Gorczynski, monté sur mouvement héliostat.

L'actinomètre de Michelson était étalonné par comparaison directe avec le pyrhéliomètre d'Angström.

Tous ces essais étaient répétés fréquemment afin d'obtenir la plus grande précision possible.

Installation des instruments

Les appareils primitivement destinés à l'enregistrement ont été placés sur des piliers en maçonnerie élevés sur une aire en ciment de 2 mètres sur 3 mètres, construite à proximité de la station. Une canalisation électrique reliait les instruments au millivoltgraphe installé à l'intérieur du poste météorologique.

Mais le mauvais fonctionnement de cet appareil enregistreur n'a pas permis une mesure suivie des radiations. Il serait sans doute préférable d'utiliser un enregistreur séparé pour chacune des mesures, ce qui permettrait d'admettre une plage de sensibilité différente pour chaque appareil. Les feuilles des graphiques étant les mêmes il n'y aurait donc aucune difficulté à reporter par calque les courbes sur une feuille unique.

D'ailleurs, à la colonie, l'emploi d'un seul appareil présente — et nous l'avons vérifié — l'inconvénient d'arrêter toutes mesures au cas ou un dérangement quelconque vient à se produire.

Résultats

Les résultats obtenus sont présentés sous la forme admise par le Bulletin actinométrique international.

Ils sont présentés sous forme de tableaux (p. 171-174) se rapportant aux éléments ci-après :

I. Mesures de la radiation directe ;
II. Mesures de la radiation globale ;
III. Radiation directe filtrée (filtre jaune) ;
IV. Radiation directe filtrée (filtre rouge) ;
V. Insolation (mesures à l'héliographe de Campbell).

Enfin quelques évaluations de l'absorption des radiations solaires par les différentes formes nuageuses seront groupées en un tableau à part. Les courbes de la page 175 viennent compléter ces différents tableaux.

Action des nuages sur la radiation solaire

Les nuages exercent, par absorption, par réflexion et par diffusion, une action particulièrement sensible sur la radiation solaire. Il nous a paru intéressant d'étudier cette influence.

Pour cela, nous avons choisi certains moments où le soleil est caché pendant quelques instants par une des formes nuageuses à étudier. Ces mesures étaient effectuées, autant que faire se peut, pour différentes hauteurs du soleil. L'appareil employé était généralement l'actinomètre de Michelson, mais quelques mesures ont été faites au moyen du pyrhéliomètre d'Angström ; elles sont d'ailleurs, dans ce cas, très délicates et l'emploi de cet instrument ne pourrait être généralisé.

Bien entendu, l'épaisseur du nuage joue une influence considérable sur la diminution de la valeur de la radiation et les chiffres trouvés présentent des écarts considérabes. Nous avons comparé les résultats aux heures d'insolation et nous avons pu constater que la bande de l'héliographe de Campbell était quelquefois brûlée, malgré que le soleil soit masqué par certains nuages.

Nous indiquerons seulement quelques mesures particulièrement intéressantes, l'ensemble du travail étant résumé dans un tableau.

Action des cumulus

Le 21 avril 1933, à 11 h. 25 :

Hauteur du soleil : 69°.
Nombre d'atmosphères : 1.07.
Tension de la vapeur d'eau : 17 mm. 15.
Valeur de la radiation solaire directe : 1 calorie 28.

A 11 h. 28, passage d'un cumulus floconneux dense ; la radiation directe n'est plus que de 0 c. 100.

Diminution de 118/128 = 92%.

A 11 h. 30, le soleil brille de nouveau et la radiation directe est de 1 c. 34.

La diminution serait encore de 124/134 = 92%.

Action des altocumulus

Le 14 avril 1933, à 11 h. 30 :

Hauteur du soleil : 69°.

Valeur de la radiation solaire directe : 1 calorie 32.

A 11 h. 32, passage, devant le soleil, d'un banc d'altocumulus organisés ; la radiation solaire accuse successivement les chiffres suivants : 1 c. 24 – 1 c. 16 - 1 c. 08 – 0 c. 92 – 1 c. 12 – 1 c. 10 – 1 c. 20 – ce qui correspond à une diminution de 6.5 M – 13% – 22.5% – 10% – 11.3% – 3.2%.

A 11 h. 37, le soleil brille de nouveau et la radiation solaire revient à 1 calorie 30.

Le 21 avril, à 10 heures :
Hauteur du soleil : 60°.
Nombre d'atmosphères : 1.15.
Tension de la vapeur d'eau : 18 mm. 76.
Valeur de la radiation directe : 1 calorie 27.

A 10 h. 02, passage d'un altocumulus floconneux. Valeurs successives de la radiation : 0 c. 79 – 0 c. 70 – 0 c. 64 – 0 c. 52 – 0 c. 68.

A 10 h. 10, la valeur de la radiation revient à 1 c. 28 la diminution de la valeur de la radiation varie donc de 30% à 60%.

Action des cirrus (Cirrus en touffes)

Le 9 mai, à 10 h. 32 :
Hauteur du soleil : 65°.
Nombre d'atmosphères : 1.1.
Tension de la vapeur d'eau : 18 mm. 35.
Valeur de la radiation directe : 1 c. 09.

A 10 h. 36, passage de cirrus en touffes ; la radiation diminue et devient égale à 0 c. 90 ; le pourcentage de diminution est de 19/109 = 9%.

Cirrus en bandes

Le 3 juin, à 11 h. 30 :
Hauteur du soleil : 73°.
Nombre d'atmosphères : 1.05.
Tension de la vapeur d'eau : 19 mm. 26.
Valeur de la radiation : 1 calorie 16.

Passage d'une bande de cirrus : la radiation varie de 1 c. 05 à 0 c. 70, au cours du passage nuageux, ce qui correspond à une variation de la diminution de la radiation de 10% à 40%.

ACTION DES NUAGES SUR LA RADIATION SOLAIRE

Formes nuageuses	Variétés	Absorption	Bande de l'héliographe de Campbell	Valeur moyenne de la diminution due aux nuages
Cumulus	bourgeonnant	80 à 95 %	non brûlée	90 %
	orageux	80 à 95 %		90 %
Altocumulus	en damiers	5 à 20 %	brûlée dans les intervalles	15 %
	floconneux	30 à 60 %	non brûlée	50 %
Cirrostratus	voile	40 à 80 %	non brûlée	70 %
Cirrus	en touffes	10 à 20 %	brûlée	15 %
	fibreux	10 à 30 %	brûlée	25 %
	en bandes	10 à 40 %	légèrement brûlée (trace jaune plus ou moins nette)	30 %

MESURE EN AVION DE LA RADIATION SOLAIRE GLOBALE

L'atmosphère fréquemment nuageuse et la forte tension de vapeur d'eau qui règnent à Bangui m'ont incité à effectuer quelques mesures de la radiation solaire à haute altitude afin d'établir des points de comparaison avec les valeurs trouvées au sol et d'essayer de déterminer l'influence de la température, tension de vapeur, etc.

Le capitaine commandant l'escadrille de l'A. E. F., a bien voulu m'autoriser à effectuer quelques vols sur un avion que j'ai fait munir, grâce à l'aide précieuse et bénévole du personnel de l'aviation, d'un dispositif permettant l'installation d'une cellule thermo-électrique. Ce dispositif, très simple, se compose d'une rotule fixée sur la carlingue, derrière le passager. Cette rotule supporte la cellule qui peut, en cours de vol, être orientée en tous sens. L'intensité du courant de la pile thermoélectrique est mesurée au moyen d'un galvanomètre à miroir sensible à 1×10^{-6} ampères et muni d'un shunt.

Les vibrations rapides imprimées au fuselage par le moteur ne paraissent pas affecter sensiblement l'équipage mobile du galvanomètre. D'ailleurs, l'em-

placement choisi pour ce dernier à savoir : la partie, horizontale en cours de vol, du fuselage séparant le pilote du passager, permet de fixer le galvanomètre, tout en l'isolant de la paroi, au moyen d'épaisses lanières de caoutchouc qui absorbent à peu près complètement les vibrations.

Il convient cependant de prendre, en cours de vol, de nombreuses précautions soit pour maintenir la cellule thermoélectrique sur le plan horizontal, soit pour la lecture des déviations de l'échelle de galvanomètre. La précision des mesure est de l'ordre de 5 à 10%, ce qui donne déjà des résultats intéressants. Le perfectionnement de ce dispositif, que j'étudie d'autre part, permettra des approximations encore plus grandes et laisse entrevoir la possibilité d'étudier, soit la radiation globale comme il vient d'être décrit, soit la radiation directe seule.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-joint.

Altitude au-dessus du terrain	Heure	Hauteur du soleil	Nombre des atmosphères	Température au soleil	Pression en mm.	Tension de vapeur	Intensité cal/gr/cm²/min.	REMARQUES
0	9.04	45°	1.41	27°3	735	18.36	0.900	Cirrus fins épars pour toutes altitudes.
500	9.07	45°5	1.40	24°	690	12.05	0.960	– d° –
1.000	9.15	47°	1.36	22°	647	9.80	1.160	– d° –
1.500	9.18	47°5	1.34	17°8	610	8.83	1.320	L'avion passe dans un couloir entre des cumulus ; cirrus en altitude.
2.000	9.27	48°	1.33	15°2	572	8.29	1.48	– d° –
2.500	9.35	50°	1.30	13°2	535	6.98	1.72	– d° –
3.000	9.45	52°	1.26	11°0	500	5.89	1.76	– d° –
3.500	9.56	54°	1.23	9°2	470	4.15	1.60	L'avion survole un système d'altocumulus groupés bas, cirrus plus denses en altitude.
4.000	10.10	56°5	1.19	5°2	440	4.17	1.64	– d° –
4.500	10.27	60°0	1.25	3°5	410	2.60	1.48	– d° –
5.000	10.55	67°	1.09	1°3	383	2.32	1.36	– d° –
4.500	10.58	69°	1.07	»	»	»	1.60	– d° –
4.000	11.01	69°	1.07	»	»	»	1.48	– d° –
3.500	11.04	69°	1.07	»	»	»	1.48	– d° –
3.000	11.06	69°5	1.07	»	»	»	1.60	– d° –
2.500	11.08	70°	1.07	»	»	»	1.62	Cirrus, passage entre cumulus.
2.000	11.10	70°5	1.06	»	»	»	1.68	Altostratus très minces.
1.500	11.14	71°	1.06	»	»	»	1.48	Cirrus.
1.000	11.16	71°	1.06	»	»	»	0.72	Cum. floconneux.
500	11.19	71°5	1.05	»	»	»	0.96	– d° –
0	11.25	72°	1.05	»	»	»	0.84	– d° –

Altitude du terrain d'aviation de Bangui : 400 mètres.

Conclusions

Des différentes mesures faites à la station de Bangui, nous pouvons conclure que la radiation solaire au sol ne dépasse jamais 1 calorie 5 par centimètre carré et par minute (tout au moins pour les mois pendant lesquels ont eu lieu les observations).

L'humidité considérable et la forte tension de la vapeur d'eau des régions équatoriales exercent une influence considérable d'absorption et de sélection des radiations. Il paraîtrait intéressant de continuer ces recherches au moyen d'un spectrographe à optique de quartz afin de connaître les longueurs d'onde où cette cause s'exerce particulièrement. Cette étude approfondie pourrait contribuer à déterminer les raisons de l'action physiologique obligeant les européens au port du casque sous les latitudes équatoriales.

La nébulosité diminue également fortement la radiation solaire directe et joue un rôle régulateur restituant au sol une partie du rayonnement absorbé. Le nombre restreint de mesures ne nous permet pas

d'indiquer une valeur suffisamment précise de la quantité de chaleur moyenne reçue chaque jour et chaque mois par centimètre carré de surface. Dans un avenir prochain, il nous sera permis de combler cette lacune.

L'utilisation de l'avion pour les mesures de la radiation solaire paraît devoir donner d'assez bons résultats, mais il sera nécessaire d'étudier un dispositif adéquat et si possible à enregistrement continu, permettant d'évaluer, soit la radiation directe, soit la radiation globale. On pourra envisager également la mesure directe du pouvoir réflecteur de certaines formes nuageuses.

En résumé, nous avons vérifié l'augmentation de l'absorption des radiations de faible longueur d'onde pour des couches d'air d'épaisseur croissante, la variation de la transparence de l'atmosphère pour les diverses régions du spectre, l'influence de la tension de la vapeur d'eau et nous avons montré la possibilité de l'étude de la variation du rayonnement solaire avec l'altitude, l'avion permettant des mesures exactement au-dessus du point où sont faites les mesures au sol.

LAPEYRE,
Ingénieur-météorologiste adjoint des Colonies.

Note sur l'emploi du Théodolite Le Prieur au delà de ses limites normales d'utilisation

L'enregistrement des sondages au moyen du théodolite Le Prieur est normalement interrompu lorsque le ballon atteint l'altitude de 10 km., ou une distance horizontale de 16 km. Ces deux cas se présentent assez souvent, alors que le ballon est encore visible, pour que l'on cherche une méthode permettant de prolonger l'enregistrement.

A

Lorsque la limite d'utilisation est atteinte, il ne saurait être question de ramener simplement la réglette horizontale à zéro, de continuer les pointés et de déchiffrer ceux-ci comme à l'ordinaire. L'appareil est, en effet, construit pour donner un tracé homothétique de la projection horizontale de la trajectoire réelle du ballon.

Cette homothétie est réalisée par les ascensions simultanées, à vitesses constantes, du ballon dans l'espace et de la réglette horizontale dans l'appareil ; ballon et réglette partant au même instant initial, du même point, et cheminant ensuite de façon continue. Le rapport des deux vitesses est le rapport d'homothétie, c'est-à-dire l'échelle du dessin.

Il est clair, par suite, que l'homothétie est rompue lorsqu'on modifie arbitrairement la position de la réglette, et que le tracé obtenu ensuite n'est pas utilisable dans les mêmes conditions qu'un tracé normal.

B

Il est possible, cependant, d'utiliser les pointés obtenus après avoir abaissé la réglette, au cours du sondage, d'une longueur quelconque.

Soient (voir fig. p. 176) :

A, une position du ballon ; OA, la ligne de visée ; R, la position normale de la réglette, à hauteur de la graduation h ; P, le pointé normal correspondant ; OP $= d$ la distance du pointé au centre de la figure.

Pour cette même position du ballon, plaçons arbitrairement la réglette en R', en l'abaissant d'une longueur $h - h' = a$; le pointé aura lieu en P' ; soit OP' $= d'$.

On a $\frac{d}{d'} = \frac{h}{h'}$, que l'on peut écrire :

$$d = d'.\frac{h}{h-a} \quad (1)$$

A partir de l'instant où l'on a abaissé la réglette, ballon et réglette continuent à monter uniformément ; la distance a reste constante entre chaque position effective de la réglette et la position qu'elle aurait dû occuper au même instant en régime normal.

Pour chacun des pointés obtenus désormais, le nombre h est connu par simple dénombrement ; d' est mesuré sur le diagramme. On peut donc calculer d au moyen de la relation (1) et de placer le pointé correct P sur le prolongement de OP'. La pro-

jection horizontale exacte sera ainsi reconstituée, à l'échelle normale de l'appareil.

Si la limite d'utilisation de l'appareil est atteinte de nouveau, au cours de cette deuxième partie du sondage, on pourra abaisser une deuxième fois la réglette, et d'une quantité également arbitraire ; le tracé correct sera établi dans les mêmes conditions, a ayant pour valeur la somme des deux abaissements.

Remarque I. — Il y a intérêt à ne pas trop abaisser la réglette : d'abord parce que, avec une réglette très basse, le point P' est très voisin de O ; la direction OP est donc graphiquement mal déterminée ; ensuite, parce que l'erreur relative commise dans la mesure graphique de $OP' = d'$ est d'autant plus petite que le segment OP' est plus long.

D'autre part, un abaissement insuffisant de la réglette conduirait trop rapidement, de nouveau, à la limite de l'appareil et risquerait, dans certains cas, de faire se chevaucher l'ancien et le nouveau tracé.

Remarque II. — On peut, sur le terrain, se dispenser de noter les hauteurs indiquées par la réglette avant et après son abaissement, c'est-à-dire la valeur de a, à condition d'opérer comme suit : surveiller l'appareil afin de ne pas être surpris par l'arrivée à la limite, effectuer un dernier pointé normal, abaisser vivement la réglette au jugé, faire immédiatement un nouveau pointé. Ces deux pointés P et P' sont alignés avec le centre O de la feuille.

Lors du dépouillement, h étant connu par le nombre de pointés précédents, on calculera a au moyen de la relation :

$$a = h. \frac{OP - OP'}{OP}$$

On opérera pareillement pour un deuxième abaissement a' de la réglette. Soient P' et P'' les pointés obtenus sur la 2e et la 3e branche ; on rétablira le point P normal à partir de P' et l'on aura ensuite :

$$a' = h'. \frac{OP - OP''}{OP}$$

Remarque III. — Pour un pointé normal P correspondant à la hauteur réelle h, on a :

$$\frac{OP'}{OP} = \frac{h - a}{a} = 1 - \frac{a}{h}$$

Pour le pointé suivant — M et $(h + 1)$ — on a, de même :

$$\frac{OM'}{OM} = 1 - \frac{a}{h + 1}$$

D'où, a étant inférieur ou égal à h :

$$\frac{OM'}{OM} > \frac{OP'}{OP}.$$

On voit par là que les directions P'M' et PM ne sont pas parallèles, mais convergentes ; la branche P' et la branche P se rapprochent asymptotiquement, ce qui permet une vérification à vue du tracé reconstitué.

C

On abrégera le calcul de d en employant une table, dont un extrait est donné page 176, et qui fournit, par addition, les valeurs de $d'. \frac{h}{h - a}$ pour différentes valeurs des arguments d', h et a.

Pour $d' = 7{,}25$ cm., par exemple, la valeur cherchée sera la somme des nombres correspondant à 7, à 2, et à 5, dont la virgule aura été convenablement placée.

Les nombres sont donnés avec 1 décimale exacte, la deuxième ayant été arrondie en tenant compte de la valeur de la troisième ; on obtient ainsi la valeur de d à 1/10 de millimètre près, ce qui est suffisant.

Le rayon utile du disque où s'enregistrent les pointés étant de 11 cm., on a calculé les valeurs de d pour d' allant de 2 à 11 ; les valeurs correspondant à $d' = 1$ seront trouvées sur la ligne $d' = 10$, en déplaçant la virgule.

Enfin, le dépouillement du sondage, aux grandes altitudes, ne porte pratiquement que sur les hauteurs en kilomètres entiers. On n'a donc établi la table que pour les couples de valeurs tels que 5900 et 6000, 6900 et 7000, etc.

La table permettant de dépouiller un sondage atteignant 20.000 mètres comporte ainsi 46 pages, à raison de 2 valeurs de a par page (2000 et 2100, 2200 et 2300, etc., jusqu'à 10.000).

Le calcul de la table est notablement allégé en tenant compte de la remarque suivante :

L'identité $\frac{h}{h - a} = \frac{1}{1 - \frac{a}{h}}$, montre que les couples h et a, kh et ka donnent les mêmes valeurs de d pour une même valeur de d'.

On choisira donc k, entier ou fractionnaire, tel que les valeurs de $k.a$ soient des hectomètres entiers, et celles de kh des kilomètres entiers, ou des kilomètres entiers moins 100 mètres.

Par exemple, on établit avant le calcul de la table une liste d'identités telles que :

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{5} = \frac{2{,}4}{6} = \frac{3{,}2}{8} = \ldots\ldots$$

$$\frac{a}{h} = \frac{2}{7} = \frac{3{,}4}{11{,}9} = \frac{4}{14} = \ldots\ldots,$$

qui permettront de remplir simultanément diverses colonnes situées à différentes pages de la table.

Enfin, l'identité :

$$k.\ d'.\ \frac{h}{h-a} = d'.\ \frac{h.k}{h-a}$$

montre que, pour une même valeur de $(h - a)$, les valeurs obtenues pour h et $d' = 2, 4, 6...$, par exemple, sont les mêmes que pour $\frac{h}{2}$ et $d' = 1, 2, 3 \ldots$.

D

Une deuxième méthode d'utilisation de l'appareil au-delà de ses limites normales est également possible.

Considérons deux pointés normaux consécutifs P et M, correspondant aux positions D et S de la réglette.

Imaginons que le premier pointé soit fait avec la réglette arbitrairement placée en R', tel que :

$$OR' = k.\ OR, \quad (k \text{ inférieur à } 1)$$

ce qui donnera le pointé P'. De plus, à partir de cet instant, réduisons la vitesse de translation de la réglette dans le même rapport k.

Au lieu de parcourir la longueur RS entre les deux tops, la réglette parcourra R'S' $= k.$ RS et le pointé suivant aura lieu en M'.

On a $\frac{OP'}{OP} = \frac{OR'}{OR} = k$

$$\frac{OM'}{OM} = \frac{OS'}{OS} = \frac{k.OR + k.RS}{OR + RS} = k;$$

donc : $\frac{OP'}{OP} = \frac{OM'}{OM} = k$

Par suite, P'M' est parallèle à PM, et P'M' $= k$.PM.

La courbe ainsi obtenue, à vitesse réduite, est donc homothétique de celle qui aurait été tracée normalement.

On pourra donc rétablir graphiquement la projection exacte ou, puisque la direction du vent est correcte, se contenter de diviser par k les vitesses lues au moyen de la loupe graduée qui est utilisée habituellement.

La seule difficulté consiste à réduite dans le rapport k la vitesse d'ascension de la réglette. A défaut d'un « changement de vitesse » mécanique, on peut employer la méthode suivante, que nous exposerons en supposant k égal à 1/2, la généralisation ne présentant aucune difficulté.

A 6000 mètres, par exemple, faire un dernier pointé correct, ramener vivement la réglette à 3000 ($k = 1/2$) et faire un pointé. Un compte-secondes mis en marche quelques instants auparavant, donnera désormais les tops.

Au premier top suivant (soit 30 secondes après), arrêter le moteur de l'appareil, ne pas faire de pointé.

Au deuxième top (30 secondes), mettre le moteur en marche, faire un pointé.

Au troisième top, arrêter le moteur, ne pas faire de pointé.

Au quatrième top, comme au deuxième, et ainsi de suite, alternativement. La réglette monte à sa vitesse normale, mais elle est immobile pendant la moitié du temps, ce qui réduit bien de moitié sa vitesse effective.

Les pointés n'ont lieu que toutes les minutes, au lieu de toutes les demi-minutes ; mais comme il aurait fallu doubler les valeurs indiquées par la loupe graduée, on obteindra sans calcul un résultat exact en mesurant avec cette même loupe l'intervalle compris entre deux points réels.

En résumé :

La méthode exposée en B et C n'exige aucune attention spéciale de la part de l'observateur pendant le sondage ; les calculs et constructions graphiques sont effectuées à loisir, au cours du dépouillement ;

La méthode exposée en D exige de l'observateur une attention plus grande au cours du sondage ; mais le dépouillement donne immédiatement, sans calcul ni constructions graphiques, les résultats attendus.

J. Mondain et H. Rasp.
Météorologistes
Tananarive-Majunga.

Analyse préliminaire des pluies à Dakar

Dans une communication au Congrès, tenu à Stockholm par l'Union Géodésique et Géophysique internationale, M. L. Welter (1) établit l'existence d'un certain parallélisme entre la marche des nombres de Wolfer, caractérisant l'activité solaire, d'une part, et la marche du total annuel des pluies à Dakar, d'autre part. Pour le rendre perceptible, M. L. Welter substitue au graphique des données d'observations un nouveau graphique, dont l'ordonnée est égale au 1/3 de la somme de l'ordonnée correspondante du premier graphique et des deux ordonnées, situées de part et d'autre de celle-ci.

Avec les notations de M. H. Labrouste (2), cette opération s'écrit, à un facteur constant près :

$$y_0 + Y_1$$

et équivaut à la somme de l'ordonnée primitive et du résultat d'une combinaison d'addition simple d'ordre *un*.

Comme toutes les opérations d'addition ou de soustraction, faites sur les données, elle favorise certaines composantes élémentaires du phénomène et réduit l'amplitude des autres. C'est là un fait absolument capital et qui a été mis en pleine évidence par M. H. Labrouste. On doit tenir compte de ce que toute combinaison, effectuée sur les données du graphique primitif, modifie « le dosage » des composantes. On peut toujours reconnaître quantitativement les modifications apportées. Ainsi l'effet de la combinaison des données, employées par M. L. Welter est représenté par la fig. I (p. 177), dont l'ordonnée est égale à l'agrandissement subi par l'amplitude d'une composante de période donnée, portée en abscisse.

On y voit que, dans le nouveau graphique ($y_0 + Y_1$) de M. L. Welter, l'importance relative des composantes courtes est sensiblement diminuée, tandis que les composantes de période supérieure à 4 ans sont agrandies.

Les séries de Dakar sont trop courtes pour qu'une reconnaissance puisse montrer quelles sont toutes les périodes réellement existantes pour les pluies. On ne peut procéder que par analogie. Or, les analyses effectuées sur les séries météorologiques par des auteurs différents ont montré l'existence de composantes dont la période est égale à 1 1/2, 2 1/2, 3, 4. 6, 11, 22... ans. Il est probable que toutes ces composantes existent aussi à Dakar avec plus ou moins d'intensité. Le graphique précédent montre que les périodes de 1 1/2 et de 3 ans sont exclues par la combinaison employée. L'amplitude de la période de 2 1/2 ans est réduite à 0,62 de sa grandeur et les périodes de 6 ans et au-dessus sont agrandies, mais en proportion qui diffère peu pour les différentes périodes probables.

On se rend compte ainsi de ce que le graphique $y_0 + Y_1$ ne donne, en général, qu'une indication

Pluviomètre	Année	Total annuel de la pluie	Élongation de la composante		Reste
			undécennale	Semi undécennale	
Gare	1901	435,5	— 88	—	—
	1902	552,0	— 64	—	—
	1903	431,0	— 16	— 2	449
	1904	608,5	+ 38	+ 13	557
	1905	556,5	+ 91	+ 7	458
	1906	948,5	+ 121	— 18	845
	1907	353,0	+ 121	— 13	245
	1908	706,5	+ 81	+ 5	620
	1909	891,0	+ 14	+ 27	860
	1910	309,1	— 58	+ 11	356
	1911	314,5	— 114	— 7	448
	1912	427,5	— 135	—	—
	1913	318,5	— 117	—	—
Hopital	1916	340,8	—	+ 28	—
	1917	660,4	+ 89	+ 74	497
	1918	865,0	+ 89	+ 50	726
	1919	410,1	+ 61	— 31	380
	1920	407,4	+ 7	— 76	476
	1921	337,3	—	— 47	—

sur l'allure de la résultante des périodes supérieures à 4 ans. Et puisque M. L. Welter a rendu par ce moyen la composante undécennale assez sensible,

(1) L. Welter. — La pluie à Dakar et l'activité solaire. *In* Union Géodésoque et Géophysoque internationale. Quatrième assemblée générale. Stockholem, août 1930. Procès verbaux de la Section de Météorologie. II Annexes nº 37, p. 158. Paris, 1933.

(2) H. Labrouste. — Analyse des graphiques résultant de la superposition des sinusoïdes. *Annales de l'Institut de Physique du Globe*. Tome VII. Paris, 1929.

cela veut dire que son amplitude vraie est nettement supérieure à celle des autres composantes longues, du moins pendant la durée observée. On peut donc tenir pour justifiée, par le graphique de M. L. Welter, la recherche de cette composante en vraie grandeur.

C'est en appliquant la méthode d'analyse de M. H. Labrouste que l'on y arrive. Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau ci-dessus et représentés sur la fig. 2 (p. 177). Les deux séries d'observations faites à Dakar ont été utilisées séparément. La plus ancienne des deux (pluviomètre de la gare) va de 1887 à 1927, lorsque les observations furent supprimées en cet endroit. Elle est représentée en trait plein en A. La deuxième série (pluviomètre de l'hôpital) a débuté en 1903 et est continuée depuis. Cette série est reportée en trait interrompu en A.

Il faut remarquer, avec M. L. Welter, que malgré la faible distance séparant les pluviomètres, celui de la gare enregistre des quantités d'eau qui sont plutôt plus fortes qu'au pluviomètre de l'hôpital. Cependant, l'écart entre les années extrêmes est, à peu de chose près, le même : 695 mm. à la gare et 690 mm. à l'hôpital. Il est dès lors possible que la différence entre les indications des pluviomètres tient à des phénomènes locaux, affectant, par celà même, les composantes les plus courtes, tandis que les composantes de longue période, intéressant des zones considérables, en sont affectées beaucoup moins.

Les séries de Dakar ont une partie commune, s'étendant de 1903 à 1927. Malheureusement, elle n'est pas suffisante pour obtenir le recouvrement des graphiques de la composante undécennale, obtenues à partir de chacune d'elles. Ces graphiques sont représentés en B (fig. 2). L'ancienne série a permis de dégager un peu plus d'une période undéconale complète. La nouvelle, de dessiner le maximum suivant et d'arriver au point médian.

On peut noter que l'amplitude de ces deux graphiques est assez comparable, ce qui est certainement dû à l'égalité approximative de l'amplitude des données et à la ressemblance de leur marche. On peut toutefois regretter que, par le fait de la suppression du pluviomètre de la gare, on ne saurait définitivement affirmer la décroissance de l'élongation maximum du graphique de la composante undécennale entre 1906 et 1917. Or, ceci a de l'importance au point de vue de la comparaison avec la même composante des nombres de Wolfer. Celle-ci est représentée en C, d'après les déterminations faites par M. et Mme H. Labrouste (3). En comparant les graphiques B et C, on voit que la longueur de la période et la phase sont les mêmes pour la pluie à Dakar et les nombres de Wolfer. Mais, la loi de variation de l'amplitude paraît être différente. Le minimum de 1912, par rapport à celui de 1901 est, sensiblement, plus profond pour la pluie que pour les nombre de Wolfer. Le maximum de ces derniers est plus haut en 1917 qu'en 1906, tandis que pour la pluie, comme on vient de le voir, l'inverse a lieu peut-être.

En prenant le rapport des élongations maxima correspondantes de la composante undécennale des pluies et de celle des nombres de Wolfer, on trouve qu'une unité Wolfer correspondait à 2,6 mm. de pluie en 1901, à 3,5 mm. en 1906, à 3,7 mm. en 1912 et à 2,5 mm. en 1917.

On peut donc s'attendre à ce que pour les pluies à Dakar, comme pour plusieurs autres phénomènes terrestres, il n'y ait pas de parallélisme absolu avec les nombres de Wolfer. Ce problème aurait pu recevoir une solution, en ce qui concerne la pluie, à Dakar, si le pluviomètre de la gare avait été maintenu. Actuellement, la solution est retardée d'une dizaine d'années.

Pour mesurer l'importance de la composante undécennale, on peut, par exemple, comparer son amplitude maximum (256 mm.) à l'écart des extrêmes des données, pendant les années correspondantes (948,5 — 309,1 = 693,4 mm.). Le rapport de ces deux nombres est égal à 40%. Ceci montre que si l'importance de la composante undécennale est considérable pour les pluies à Dakar, elle n'est pas prépondérante, comme c'est le cas pour les nombres de Wolfer, où son amplitude atteint 62,8% de l'écart des extrêmes.

En D (fig. 2), est représentée l'harmonique de la composante undécennale des pluies. Sa détermination est encore provisoire, car la longueur de la série n'est pas suffisante pour la bien préciser. C'est donc à titre de première approximation que la valeur de ses ordonnées figure au tableau. L'importance relative de cette composante paraît quelque peu dépasser 20% de l'écart des données extrêmes. Il est à remarquer que le graphique de la composante correspondante des nombres de Wolfer, représenté en pointillé en D (déterminations de M. et Mme H. Labrouste), indique un changement de phase en 1911. L'ordonnée du graphique de la même composante des pluies n'a pu être calculée pour cette

(1) M. et Mme H. Labrouste. — Composantes périodiques des taches solaires. Soixante-sixième Congrès des Sociétés Savantes. Toulouse, 1933.

année, mais on voit que la boucle 1916-1921 n'est pas en phase avec les boucles prédédentes. Ceci correspond bien à ce qu'a indiqué l'analyse des nombres de Wolfer.

En raison du caractère provisoire du calcul de la composante semi-undécennale des pluies, la comparaison des élongations n'est pas faite, mais il semble que le rapport pluie-nombres de Wolfer doit être plus fort que pour la composante undécennale.

Le graphique de la différence entre les données et les deux composantes dégagées (graphique E) indique que la résultante des périodes plus courtes est extrêmement importante. Son amplitude atteint 96,2% de l'écart observé des extrêmes. *La période de 3 ans apparaît avec netteté et semble jouer un rôle tout à fait primordial.* Un premier calcul montre que son amplitude dépasse les 60% de l'amplitude totale des pluies à Dakar.

Enfin, la courbe de reconnaissance F, où les composantes de périodes de 11 ans et inférieures sont très affaiblies, tandis que les composantes longues sont favorisées, indique qu'à partir de 1920 la résultante des composantes supérieures à 11 ans est devenue ascendante, après avoir passé par un minimum pendant les dix années précédentes. Elle semble avoir une importance assez grande et atteindre les 25% de l'écart des données extrêmes. Cependant, l'analyse de cette résultante est encore impossible par suite de la durée trop faible des observations.

Conclusion

Des constatations faites ci-dessus, il résulte que la variabilité des pluies à Dakar est caractérisée surtout par les composantes de périodes inférieures à la semi-undécennale. C'est pourquoi l'année 1907, correspondant à un maximum de la composante undécennale, a été une année très peu pluvieuse. Et, par contre, en 1923 et 1924, lorsque cette composante passait par un minimum, la pluie était supérieure à la moyenne.

En comparant les années 1900-1903 et 1910-1913, où la composante undécennale passait aussi par un minimum, on voit que la pluie à Dakar était moins forte que pendant les années voisines, mais que pour le premier groupe d'années la hauteur annuelle de pluie était de 150 mm. environ supérieure que pour le deuxième groupe. Cependant, le deuxième minimum de la composante undécennale n'était que de 50 mm. plus profond que celui de 1901.

L'explication de ce dernier point se trouve dans la marche des résultantes des composantes longues (graphique F) et courtes (graphique E). Les années sèches de 1910 à 1914 l'étaient par le concours d'un minimum de la première résultante, d'un minimum de la composante undécennale et d'une intensité faible des composantes courtes.

On ne saurait prévoir actuellement ni la marche de l'amplitude de cette dernière résultante, ni la marche de la résultante des périodes longues. Ce sont là deux difficultés qui s'opposent à la réalisation rapide d'une méthode de prévision. Il faut, en effet, disposer d'observations beaucoup plus longues pour dégager les composantes supérieures. Néanmoins, ce n'est qu'une question de temps, tandis que le problème est sensiblement plus ardu du côté des composantes courtes. Là, en effet, l'existence de la période de 3 ans peut être affirmée, mais elle n'est pas la seule. Or, la sécheresse annuelle, qui s'étend sur plusieurs mois, interdit l'analyse des composantes encore plus courtes à partir des totaux mensuels. C'est pourquoi les variations rapides de la pluie à Dakar, qui régissent sa répartition au cours d'une période humide, devront probablement être étudiées en fonction d'autres éléments, observées avec continuité.

Tel est l'ensemble des renseignements qu'il est possible de retirer des séries de Dakar. La courte durée des observations en cet endroit est un facteur limitatif ; pourtant, comme on vient de le voir, il est possible de projeter quelque lumière sur l'importance des différents éléments du phénomène, d'en chiffrer certains et, enfin, de préciser sur quoi doivent porter les recherches en vue d'aboutir à l'établissement des règles de la prévision à longue et à brève échéance.

Ces résultats, encore que préliminaires, ont pu être dégagés par l'utilisation de la méthode d'analyse, créée par M. H. Labrouste ; ils en soulignent, une fois de plus, l'importance tant au point de vue de la recherche scientifique pure, qu'à celle des applications pratiques.

V. Frolow.

1.- MESURES DE LA RADIATION SOLAIRE GLOBALE.

Date	Temps solaire vrai.	Hauteur du soleil.	Nombre des atmosphères.	Tension de la vapeur d'eau.	Intensité de la radiation en cal/gr/cm²/min.	Etat du ciel - Remarques.
MARS 1933						
23	15h12	39°	1,58	16,16	1,29	Altocumulus clairsemés.
	16h25	22°	2,66	17,70	1,16	Voile de cirrostratus.
AVRIL 1933						
1	8h30	40°	1,55	19,84	0,65	Voile de cirrostratus.
	8h40	42°	1,50	19,84	0,79	Bancs d'altocumulus.
	11h00	68°5	1,07	19,63	0,96	Voile léger de cirrostratus.
	11h10	69°	1,07	19,63	1,40	Voile très léger de cirrostat.
5	7h50	30°5	2.00	18,84	0,676	Cirrus en filaments.
	13h15	70°	1,07	17,74	1,360	Belles éclaircies entre cumulus
	15h00	42°	1,5	16,42	0,890	-id-
	15h45	30°	2.00	16,22	1,02	-id-
6	11h25	68°	1,07	19,84	1,24	Eclaircies entre cumulus.
8	10h00				0,97	Voile léger cirrostratus.
	14h00	58°	1,17	16,35	1.00	Altocumulus très légers.
	15h30	30°	2.00	16,48	1,40	Ciel légèrement brumeux.
10	8h55	42°	1,49	18,33	0,54	Cirrostratus très minces
	10h00	59°	1,16	19,26	0,80	Voile léger de cirrostratus.
	11h00	69°	1,07	19,14	1,24	-id-
12	10h00	58°	1,17	18,88	0,92	-id-
	11h00	69°	1,07	18,75	1,20	-id-
	12h00				1,28	-id-
	13h00	72°	1,05	17,28	1,12	-id-
	14h00	58°	1,17	16,22	0,92	-id-
	15h00	39°	1,58	16,96	0,68	-id-
	16h00	29°5	2.00	17,80	0,42	-id-
13	8h00	52°	1,88	19,28	0,42	Cirrostratus très légers.
	9h00	45°	1,41	19,47	0,66	-id-
	10h00	58°	1,17	19,36	0,600	Voile léger de cirrostratus:
	11h00	69°	1,07	18,85	0,600	trace de cumulus
	15h00	39°	1,58	20,26	1.00	-id-
	16h00	29°5	2.00	19,94	0,64	-id-
14	11h30	69°	1,07	21,07	1,38	Ciel sans nuages.
	11h31	69°5	1,07	21,07	1,24	Passage d'un banc d'alto-
	11h32	70°	1,07	21,07	1,16	cumulus.
	11h33	70°5	1,07	21,07	1,08	-id-
	11h34	70°5	1,07	21,07	0,92	-id-
	11h35	71°	1,06	20,07	1,12	-id-
18	10h30	65°	1,1	20,35	0,88	Ciel sans nuages.
19	15h05	38°5	1,6	17,79	1,26	Voile de cirrus en filaments.
20	8h00				0,520	Altocumulus minces.
	10h00	59°	1,16	17,36	1,240	Ciel sans nuages.
	11h00	68°5	1,07	17,54	1,28	Ciel sans nuages.
	14h30	50°	1,3	16,36	1,48	Ciel sans nuages.
	16h00	29°	2,06	16,22	1,16	Ciel sans nuages.
21	8h00	32°5	1,85	20,92	1,28	Ciel sans nuages.
	10h00	60°	1,15	18,76	1,47	Ciel sans nuages.
	11h35	70°	1,07	17,15	1,48	Ciel sans nuages.
25	9h10	47°	1,36	18,66	0,64	Ciel brumeux.
	10h50	67°	1,09	16,57	0,76	Ciel brumeux.
MAI 1933.						
1	8h40	39°	1,58	19,12	0,76	Voile léger de cirrostratus.
	9h10	47°	1,36	18,13	0,84	-id-
	9h50	49°	1,32	17,66	0,92	-id-
	15h12	34°	1,79	20,07	0,98	Passage d'un cumulus orageux
2	8h35	39°	1,58	19,11	0,72	Altocumulus en damiers.
	9h30	49°	1,32	17,98	0,58	Altocumulus en damiers.
	10h50	67°	1,09	18,23	0.72	Ciel brumeux.
3	9h10	47°	1,36	17,19	0.56	Voile léger de cirrostratus
	9h40	54°	1,23	18,24	0,76	Cirrus en filaments.
5	8h20	37°	1,66	19,36	0,90	Brume légère.
	10h35	65°	1,10	18,73	1,16	Ciel sans nuages.
	11h20	68°	1,07	17,82	1,28	Ciel sans nuages.
8	8h05	33°	1,83	19,04	1,25	Ciel sans nuages.
	9h55	56°	1,17	18,59	1,19	Ciel sans nuages.
	15h50	42°	1,49	17,93	1,04	Ciel sans nuages.
	17h00	12°	5.00	18,18	0,76	Ciel sans nuages.
9	10h32	65°	1,1	18,35	1,18	Ciel sans nuages.
	11h15	72°	1,05	18,6	0,89	Cirrus en filaments.
10	10h40	66°	1,09	19,34	1,22	Cirrus légers en filaments.
	11h35	73°	1,05	19,21	0,76	Trans cumulus floconneux.
12	10h30	65°	1,1	17,83	1,26	Eclaircies entre altocumulus.
13	14h45	47°	1,36	17,78	1,22	Eclaircies entre altocumulus.
15	11h25	73°	1,05	19,18	1,39	Eclaircies entre altocumulus.
16	10h40	68°	1,07	19,34	1,29	Ciel sans nuages.
18	10h45	69°	1,07	19,45	1,15	Eclaircies entre altocumulus.
19	15h22	35°	1,74	15,52	1,17	Ciel sans nuages.
	16h45	19°	3.	14,65	0,99	Ciel sans nuages.
20	6h38	15°	4.	19,76	1,02	Ciel sans nuages.
	10h55	68°	1,07	18,32	1,27	Ciel sans nuages.
22	9h30	49°	1,32	16,47	1,08	Très légers cirrus.
23	9h52	59°	1,16	18,16	1,19	Très légers cirrus.
	11h28	73°	1,05	17,33	1,16	Très légers cirrus.
	16h10	34°	1,79	15,91	1,03	Ciel sans nuages.
	8h20	35°	1,74	20,13	0,98	Cirrus en filaments.
24	9h40	51°	1,28	20,15	0,90	Cirrus en filaments.
25	9h05	45°	1,41	20,39	0,26	Voile très épais de cirrostr.
27	8h	32°	1,88	19,05	0,64	Cirrus en filaments.
	8h32	40°	1,55	19,10	0,92	Cirrus en filaments.
	8h58	45°	1,41	19,31	0,92	Ciel sans nuages.
29	8h	32°	1,88	21,50	0,33	Cirrus denses.
	9h58	58°	1,17	21,92	0,47	Cirrus denses.
JUIN 1933						
2	16h58	14°5	4.	18,59	0,56	Brume légère.
3	11h30	73°	1,05	19,26	1,29	Eclaircies entre cumulus.
13	16h48	18°	3,23	16,15	0,56	Cirrus.
15	14h50	48°	1,33	17,97	1,18	Cirrus.
16	11h16	71°5	1,06	16,94	0,96	Brume légère.
17	10h52	70°	1,07	18,42	1,28	Belles éclaircies entre cumul
21	16h19	22°	2,66	18,26	0,22	Ciel sans nuages.
	17h34	5°	11,49	17,19	0,13	Ciel sans nuages.
23	16h08	26°	2,28	19,09	0,50	Eclaircies entre cumulus.
24	10h15	63°	1,18	18,42	0,96	Eclaircies entre cumulus.
JUILLET 1933						
2	11h13	70°	1,07	16,46	1,25	Ciel sans nuages.
	11h33	71°5	1,06	16,57	1,50	Ciel sans nuages.
3	7h05	19°5	3.	18,41	0.28	Ciel sans nuages.
	11h03	68°5	1,07	17,09	1,45	Belles éclaircies entre cumul.
	12h10	71°	1,06	16,96	1,44	Belles éclaircies entre cumul.
10	10h37	63°	1,12	17,36	1,08	Ciel sans nuages.
	10h56	65°	1,10	17,45	1,23	Ciel sans nuages.
	11h15	68°	1,07	17,15	1,08	Quelques cirrus fins épars.
	11h44	72°5	1,05	17,84	1.19	Eclaircies entre cumulus.
	11h59	73°	1,05	17,94	1,23	Eclaircies entre cumulus.
11	10h59	66°	1,09	18,64	0,79	Voile uniforme de cirrostr.
	14h40	48°	1,33	19,14	0,68	Voile de cirrostratus.
13	10h38	63°	1,12	18.16	1,09	Eclaircies entre cumulus,
	11h39	72°	1,06	18,34	1,17	brume légère.

II.- MESURES DE LA RADIATION SOLAIRE DIRECTE.

(Bangui)

Date	Temps solaire vrai.	Hauteur du soleil.	Nombre des atmos-phères.	Tension de la vapeur d'eau.	Intensité de la radiation en cal/gr/cm²/min.	Etat du ciel - Remarques.
MARS 1933						
2	9^h30	49°	1,32	16,99	1,01	Traces de cirrus à l'Ouest.
7	9^h00	46°	1,39	16,95	0,73	Ciel sans nuages.
AVRIL 1	11^h05	69°	1,07	19,63	1,30	Belles éclaircies entre cumul
4	14^h30	50°	1,3	18,91	1,04	Belles éclaircies entre cumul
	15^h40	29°5	2,0	17,76	0,95	-d°-
	16^h30	21°	2,88	18,36	0.70	-d°-
	16^h45	19°5	3.0	16,98	0,43	-d°-
	17^h20	8°	5,76	19,02	0,23	-d°-
5	13^h15	70°	1,07	17,74	1,28	-d°-
	13^h30	66°	1,09	16.00	1,04	-d°-
	15^h00	42°	1,5	16,42	0,77	-d°-
	15^h45	30°	2,0	16,22	0,95	-d°-
6	11^h25	68°	1,07	19,84	1,02	Eclaircies entre cumulus.
11	15^h15	35°	1,74	14,35	1,04	Ciel sans nuages.
14	11^h30	69°	1,07	21,07	1,32	Ciel sans nuages.
	11^h37	71°	1,06	21,07	1,30	Ciel sans nuages.
19	15^h05	38°5	1,60	17,79	1,16	Ciel sans nuages.
20	10^h00	59°	1,16	17,36	1,10	Ciel sans nuages.
	11^h00	68°5	1,07	17,54	1,12	Ciel sans nuages.
	14^h30	50°	1,3	16,36	1,16	Ciel sans nuages.
	16^h00	29°	2,06	16,22	0,90	Ciel sans nuages.
21	7^h00	11°5	5.0	16,98	0,56	Ciel sans nuages.
	7^h08	19°5	3.0	20,76	0,83	Ciel sans nuages.
	8^h00	32°5	1,85	20,92	1,08	Ciel sans nuages.
	10^h00	60°	1,15	18,76	1,27	Ciel sans nuages.
	10^h50	62°	1,13	17,90	1,28	Ciel sans nuages.
	11^h25	68°	1,07	17,15	1,28	Ciel sans nuages.
	11^h35	70°	1,07	17,15	1,34	Ciel sans nuages.
MAI 5	10^h35	65°	1,10	18,73	1,03	Ciel sans nuages.
	11^h20	68°	1,07	17,82	1,10	Ciel sans nuages.
8	6^h40	15°	4.0		0,36	Eclaircies entre cumulus.
	7^h05	19°	3.0		0,88	Eclaircies entre cumulus.
	8^h05	33°	1,83	19,04	1,05	Ciel sans nuages.
	9^h00	46°	1,39	18,17	1,06	Ciel sans nuages.
	9^h55	58°	1,17	18,59	1,09	Ciel sans nuages.
	15^h50	42°	1,49	17,93	0,95	Ciel sans nuages.
	16^h30	19°	3.0	17,86	0,87	Ciel sans nuages.
	17^h00	12°	5.0	18,18	0,60	Ciel sans nuages.
9	9^h52	56°	1,2	19,98	1,06	Ciel sans nuages.
	10^h32	65°	1,1	18,35	1,09	Ciel sans nuages.
12	10^h30	65°	1,1	17,83	1,14	Eclaircies entre altocumulus.
13	14^h45	47°	1,36	17,78	1,08	Eclaircies entre altocumulus.
15	11^h25	73°	1,05	19,18	1,26	Eclaircies entre altocumulus.
16	10^h40	68°	1,07	19,34	1,16	Ciel sans nuages.
18	10^h45	69°	1,07	19,45	1,02	Eclaircies entre cumulus.
19	15^h22	35°	1,74	15,52	1,05	Ciel sans nuages.
	16^h45	19°	3.0	14,65	0,91	Ciel sans nuages.
20	6^h38	15°	4.0	19,76	0,90	Ciel sans nuages.
	10^h55	68°	1,07	18,32	1,15	Ciel sans nuages.
23	16^h10	34°	1,79	15,91	0,91	Ciel sans nuages.
27	8^h58	48°	1,41	19,31	0,826	Ciel sans nuages.
JUIN 3	11^h30	73°	1,05	19,26	1,16	Eclaircies entre cumul.et cirr
17	10^h32	70°	1,07	18,42	1,17	Belles éclaircies entre cumul
21	16^h19	22°	2.66	18,26	0,48	Ciel sans nuages.
	17^h18	8°5	6,27	17,19	0,26	Ciel sans nuages.
	17^h34	5°	11,49	17,19	0,12	Ciel sans nuages.
23	16^h08	26°	2,28	19,09	0,48	Eclaircies entre cumulus.
24	10^h15	63°	1,12	18,42	0,89	Eclaircies entre cumulus.
29	15^h35	31°	1,94	16,62	0,72	Ciel sans nuages.
JUILLET						
2	10^h58	69°	1,07	16,46	1,30	Ciel sans nuages.
	11^h13	70°	1,07	16,46	1,15	Ciel sans nuages.
	11^h33	71°5	1,06	16,57	1,39	Ciel sans nuages.
3	7^h05	19°5	3.0	18,41	0,43	Ciel sans nuages.
	8^h22	35°5	1,7	17,26	1,01	Ciel sans nuages.
	11^h23	68°5	1,07	17,09	1,29	Belles éclaircies entre cumul
	12^h10	71°	1,06	16,96	1,30	Belles éclaircies entre cumul
10	10^h37	63°	1,12	17,96	0,97	Ciel sans nuages.
	10^h56	65°	1,10	17,45	1,10	Ciel sans nuages.
	11^h22	70°	1,07	17,65	1,15	Eclaircies entre cumulus.
	11^h44	72°5	1,05	17,84	1,05	Eclaircies entre cumulus.
	11^h56	73°	1,05	17,84	1,10	Eclaircies entre cumulud.
	11^h59	73°	1,05	17,84	1,10	Eclaircies entre cumulus.
	15^h24	40°	1,55	18,35	0,76	Eclaircies entre cumulus.
	16^h00	30°	2.00	18,34	0,67	Eclaircies entre cumulus.
13	9^h41	51°	1,28	17,88	0,87	Ciel sans nuages.
	10^h38	63°	1,12	18,16	0,99	Courtes éclaircies entre cum.

III.- RADIATION SOLAIRE FILTREE - FILTRE ROUGE.

(Bangui)

Date	Temps solaire vrai.	Hauteur du soleil.	Nombre des atmos-phères.	Tension de la vapeur d'eau.	Intensité de la radiation en cal/gr/cm²/min.	Radiation filtrée radiation totale.
MAI 19	15^h23	35°	1,74	15,52	0,55	53%
	16^h47	19°	3.00	14,65	0,54	60%
20	10^h56	68°	1,07	18,32	0,60	52%
23	16^h10	34°	1,79	15,91	0,48	53%
27	8^h59	46°	1,39	19,31	0,41	50%
JUIN 21	16^h20	22°	2,66	18,26	0,28	60%
	17^h20	8°	6,11	17,19	0,20	76%
29	15^h36	30°	2.00	16,62	0,39	54%
JUILL.2	10^h58	69°	1,07	16,46	0,68	52%
	11^h54	72°	1,05	16,57	0,71	51%
3	7^h13	23°	2,56	18,41	0,54	60%
	12^h10	71°	1,06	16,96	0,65	50%
10	11^h16	68°5	1,07	17,45	0,53	51%
	15^h25	39°5	1,56	18,35	0,42	55%
	16^h00	30°	2.00	18,34	0,38	57%
13	9^h49	53°	1,25	17,88	0,45	50%
	10^h38	63°	1,12	18,16	0,50	50%

IV.- RADIATION SOLAIRE FILTREE - FILTRE JAUNE.

(Bangui)

Date	Temps solaire vrai.	Hauteur du soleil.	Nombre des atmos-phères.	Tension de la vapeur d'eau.	Intensité de la radiation —	Radiation filtrée. Radiation totale.	Intensité et Pourcentage de la radiation comprise entre l= 0^N et l= 0^M	
MAI 19	15^h23	35°	1,74	15,52	0,64	60%	0c09	8%
	16^h47	19°	3.00	14,65	0,63	60%	0c09	9%
20	10^h56	68°	1,07	18,32	0,70	60%	0c10	8%
23	16^h10	34°	1,79	15,91	0,57	62%	0c09	10%
27	8^h59	46°	1,39	19,31	0,48	58%	0c07	8%
JUIN 21	16^h20	22°	2,66	18,26	0,33	68%	0c05	10%
	17^h20	8°	6,11	17,19	0,23	87%	0c03	11%
29	15^h36	30°	2.00	16,62	0,47	63%	0c07	10%
JUILL.2	10^h58	69°	1,07	16,46	0,79	60%	0c12	8%
	11^h34	72°	1,05	16,57	0,84	60%	0c13	9%
3	7^h13	23°	2,56	18,41	0,63	69%	0c09	10%
	12^h10	71°	1,06	16,96	0,76	58%	0c12	8%
10	11^h16	68°5	1,07	17,45	0,62	53%	0c09	8%
	15^h25	39°5	1,56	18,35	0,49	64%	0c05	9%
	16^h00	30°	2.00	18,34	0,45	67%	0c07	10%
13	9^h48	53°	1,25	17,88	0,54	62%	0c08	10°
	10h.38	63°	1,12	18,16	0,59	60%	0c09	9°

V.- MESURES D'INSOLATION. (Bangui)

(La dernière colonne donne en heures et minutes la durée totale de l'insolation ; les colonnes précédentes donnent pour chaque heure du jour le nombre de minutes d'insolation).

Date	Heures	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale
AOUT 1932.															
1er		-	-	40	60	50	40	60	50	60	60	60	60	20	9h.20
2		-	-	40	60	60	60	55	50	50	55	50	55	10	9. 05
3		-	5	25	60	60	60	60	60	60	60	60	30	0	9. 00
4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.--
5		-	-	15	-	10	-	15	35	40	35	-	-	-	2, 20
6		-	-	-	-	-	-	25	50	60	60	60	30	-	4, 45
7		-	-	-	-	-	-	45	40	60	60	25	-	-	3, 50
8		-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	10	35	-	-, 50
9		-	-	5	35	45	15	40	30	50	40	-	-	-	4, 20
10		-	-	-	45	40	25	-	-	-	-	-	-	-	1, 50
11		-	-	-	-	40	60	60	40	55	10	30	40	-	5, 35
12		-	-	-	10	-	-	50	45	20	5	40	25	-	3, 15
13		-	-	-	-	-	-	-	15	20	15	40	30	-	2. --
14		-	-	45	50	60	60	60	60	50	20	-	20	-	7, 15
15		-	-	-	-	40	-	-	-	30	55	40	25	45	3, 55
16		-	-	30	40	60	60	60	60	60	60	40	-	20	8, 10
17		-	20	60	60	60	60	60	60	20	-	-	-	-	6, 40
18		-	-	30	60	60	60	60	60	60	55	60	45	20	9, 30
19		-	-	60	60	60	50	40	50	-	10	-	-	-	5, 30
20		-	-	-	-	-	-	-	40	20	-	-	40	20	2, 00
21		-	-	40	60	60	60	45	40	20	50	20	-	-	6, 35
22		-	15	60	60	60	60	60	50	30	40	45	5	-	8, 05
23		-	-	50	60	60	60	60	45	35	60	55	10	-	8, 15
24		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-, 25
25		-	-	-	40	60	60	60	60	60	60	60	60	40	9, 20
26		-	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	20	-	10, 00
27		-	-	20	40	60	60	60	30	-	-	-	-	-	4, 30
28		-	-	-	-	-	30	20	-	5	15	-	-	-	1, 10
29		-	-	-	45	-	-	55	60	60	60	60	60	20	7, 00
30		-	-	-	50	60	60	55	45	-	-	-	-	-	4, 30
31		-	-	-	5	45	55	15	-	-	-	-	-	-	2, 00
TOTAL du Mois..		-	120	940	9.30	18,30	17h35	19h40	18h55	16h30	15h45	14h	9h50	3h45	155hrs
SEPTEMBRE 1932.															
1er		-	-	10	30	-	2	8	25	55	45	45	-	-	3, 45
2		-	-	-	-	20	-	50	40	60	60	60	10	-	5, --
3		-	-	20	10	50	50	-	-	-	-	-	-	-	2, 10
4		-	-	15	60	60	15	55	55	50	-	-	-	-	5, 10
5		-	-	-	-	-	15	60	60	60	40	40	60	40	6, 15
6		-	-	20	35	50	30	10	45	-	-	-	-	-	3, 10
7		-	-	10	60	60	15	50	15	-	-	-	-	-	3, 30
8		-	15	-	-	-	-	-	30	45	20	55	60	30	3, 35
9		-	25	60	50	60	60	60	45	-	-	-	-	-	6, 00
10		-	-	-	-	20	60	60	60	60	60	60	60	50	8, 10
11		-	-	-	40	-	-	30	60	30	40	-	40	-	4, 00
12		-	-	20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	5	8, 35
13		-	-	-	20	50	60	60	60	50	55	50	-	-	6, 45
14		-	-	-	15	10	-	15	55	60	60	60	60	10	5, 45
15		-	20	40	20	25	60	60	60	60	15	45	15	-	7, 00
16		-	-	10	35	5	60	60	60	15	45	40	30	-	6, 15
17		-	-	30	20	-	20	60	60	50	40	20	-	-	5, 00
18		-	-	-	-	-	15	15	10	35	40	30	15	-	2, 40
19		-	-	-	40	55	60	60	60	60	60	60	40	5	8, 20
20		-	-	-	30	60	60	60	60	50	20	-	-	-	5, 40
21		-	-	-	-	-	-	60	60	60	40	60	50	10	5, 50
22		-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-, 50
23		-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-, 30
24		-	-	-	-	30	60	60	60	40	40	60	30	10	6, 30
25		-	-	-	-	20	60	60	40	60	40	30	60	30	6. 40
26		-	-	-	-	35	60	60	60	60	60	55	60	45	8, 15
27		-	20	15	50	60	60	60	40	60	-	-	-	-	6, 05
28		-	20	60	60	60	60	60	60	60	20	-	-	-	7, 40
29		-	-	-	-	15	30	60	60	60	60	60	35	15	6, 35
30		-	20	40	15	40	60	60	60	60	55	10	60	40	8, 40
TOTAL du Mois...		-	2h.	5,30	11,10	14,35	18h00	21h53	22h40	20h55	16h15	15h00	12h25	4h50	165h33
OCTOBRE 1932.															
1er		-	-	60	40	25	25	40	-	-	-	-	-	-	3h10
2		-	-	-	40	55	50	60	50	35	45	60	40	30	7,45
3		-	10	-	10	15	5	-	40	30	60	60	25	20	4,35
4		-	-	45	60	45	55	40	30	-	-	-	-	-	4,35
5		-	-	-	-	-	-	50	50	-	-	-	10	25	2,15
6		-	-	-	20	50	20	50	40	55	-	-	-	-	3,55
7		-	-	10	22	60	50	60	60	60	60	60	60	23	8,45
8		-	-	25	40	30	60	5	-	-	-	-	-	-	2,40
9		-	-	15	15	30	60	50	60	60	60	60	60	50	8,40
10		-	-	50	30	60	60	60	60	60	60	60	60	40	10.--
11		-	-	-	-	-	40	60	60	45	-	-	-	-	3,25
12		-	-	-	35	5	-	50	60	60	60	60	60	40	7,10
13		-	-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	40	30	8,40
14		-	-	-	-	-	30	45	60	45	45	30	-	-	4,15
15		-	-	-	-	20	25	55	60	30	10	-	-	-	3,20
16		-	-	-	5	60	60	60	60	45	45	25	40	20	7.--
17		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	55	50	2,10
18		-	-	-	30	60	60	60	60	45	25	30	5	-	6,15
19		-	20	40	60	60	55	60	60	15	-	-	-	-	6,10
20		-	-	20	-	-	-	-	30	60	-	-	-	-	1,50
21		-	-	45	60	60	60	60	60	60	60	60	60	45	10,30
22		-	-	20	-	-	-	2	20	50	60	50	38	30	4,30
23		-	-	-	40	60	60	60	60	60	60	45	-	-	7,25
24		-	15	20	60	40	60	60	60	60	60	30	15	-	8,--
25		-	-	-	-	-	-	25	60	60	60	60	60	35	7.--
26		-	-	45	45	60	60	60	60	50	40	-	-	-	7,30
27		-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	10,20
28		-	-	10	60	60	60	60	60	60	60	40	40	40	9,10
29		-	20	20	40	60	60	60	60	60	60	45	-	-	8,05
30		-	-	-	60	60	40	50	40	60	60	60	60	20	8,30
31		-	35	60	60	45	-	-	-	20	-	25	60	-	5,05
TOTAL du Mois....			1,30	8,30	14,22	24h	19h35	22h42	24h00	21h45	18h30	16h45	14h08	0h08	196h05
NOVEMBRE 1932-															
1er		-	-	20	50	60	60	60	60	60	60	30	-	-	7h40
2		-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	9.--
3		-	20	50	55	40	10	60	60	60	40	-	-	-	6,35
4		-	-	20	60	30	60	60	20	20	30	10	-	-	5,10
5		-	-	20	60	60	60	60	60	50	25	10	-	-	6,45
6		-	-	20	30	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1.--
7		-	-	-	-	25	60	60	60	60	60	60	60	35	8.--
8		-	-	-	-	-	-	10	60	60	60	60	60	20	5,30
9		-	-	-	-	20	60	50	35	40	30	35	-	-	4,30
10		-	-	-	40	60	60	60	60	60	60	20	-	-	7.--
11		-	-	-	-	-	40	60	60	60	60	60	60	-	6,40
12		-	20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	15	10,35
13		-	-	-	-	-	15	40	60	35	5	-	-	-	2,35
14		-	15	55	-	35	60	50	60	60	55	60	50	-	8,20
15		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.--
16		-	-	15	-	15	60	5	-	-	-	-	-	10	1,45
17		-	-	-	60	60	25	15	60	30	40	15	-	-	5,30
18		-	-	15	30	60	60	30	35	60	-	-	-	-	4,50
19		-	-	50	60	60	60	40	60	55	60	15	-	-	7,40
20		-	15	60	60	60	60	60	60	60	45	-	-	-	8.--
21		-	-	20	60	60	60	60	40	60	20	60	60	40	9.--
22		-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	30	-	-	8,20
23		-	-	45	40	60	60	60	60	60	60	40	10	-	8,15
24		-	-	-	35	55	60	60	60	60	60	60	60	-	8,30
25		-	-	60	55	60	60	60	60	60	60	60	60	40	10,35
26		-	-	-	30	15	-	55	60	60	60	60	20	-	6.--
27		-	15	30	45	45	40	60	60	60	60	60	60	30	9,25
28		-	-	30	10	60	40	15	60	60	60	60	40	-	7,15
29		-	-	-	-	-	-	20	60	60	60	60	60	40	6.--
30		-	20	45	25	-	40	40	60	60	60	60	60	60	8,50
TOTAL du Mois..			1h45	12,05	14,25	18,50	21h30	21h50	25h10	24h50	21h45	17h25	12h--	4h30	198h05
DECEMBRE 1932-															
1er		-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	8h30
2		-	-	-	10	60	60	60	60	60	60	60	50	-	8.--
3		-	-	-	20	50	60	60	60	60	60	60	60	-	8,10
4		-	-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	60	10	9.--
5		-	-	-	20	60	60	60	60	60	60	30	15	-	7,05
6		-	-	10	60	60	60	60	60	60	60	60	40	-	8,50
7		-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	60	50	-	7,50
8		-	-	30	40	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9.--
9		-	-	30	30	20	60	60	60	60	60	60	50	-	8,10
10		-	-	60	60	60	60	30	20	30	40	55	20	-	7,15
11		-	10	60	60	60	60	60	60	60	60	40	10	-	9.--
12		-	-	40	60	60	60	40	60	60	60	60	40	-	9.--
13		-	-	30	15	50	60	60	60	60	60	55	-	-	7,30
14		-	-	-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	-	7,30
15		-	-	-	-	-	-	-	-	45	60	60	60	15	4.--
16		-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	30	-	9.--
17		-	-	-	15	60	60	60	40	60	60	40	40	-	7,15
18		-	-	-	60	45	60	60	60	60	60	60	45	10	8,40
19		-	-	-	15	20	40	40	60	60	60	60	60	10	7,05
20		-	-	-	-	-	-	10	50	60	60	60	35	-	4,35
21		-	-	-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	10	8.--
22		-	-	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	9,15
23		-	-	-	-	30	60	60	60	60	60	60	40	-	7,10
24		-	-	45	60	60	60	60	60	60	60	60	45	-	9,30
25		-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	30	-	9.--
26		-	-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	60	-	10.--
27		-	-	20	40	50	60	60	60	60	60	60	60	10	9.--
28		-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9,40
29		-	20	60	60	60	60	60	60	60	60	40	10	-	9,10
30		-	10	60	50	60	60	60	60	60	60	40	30	-	9,10
31		-	10	60	60	60	60	50	60	50	60	20	20	-	8,30
TOTAL du Mois...			0h50	11h15	18,55	25h55	28h40	27h50	28h50	30h05	30h40	28h20	20h40	1h06	251h50
JANVIER 1933-															
1er		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	60	10	2h10
2		-	-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	30	-	6,30
3		-	-	-	-	-	20	60	60	60	60	60	40	-	6.--
4		-	-	40	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9,30
5		-	20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	10	10,30
6		-	10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	20	10,30
7		-	10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	10,10
8		-	15	60	60	60	60	60	60	60	60	50	20	-	9,15
9		-	-	-	-	-	10	60	60	60	30	40	60	30	-	4,50
10		-	-	-	10	40	60	60	60	20	40	20	-	-	5,10
11		-	-	-	10	20	30	60	50	50	20	10	-	-	4,10
12		-	-	-	-	-	30	20	20	30	60	60	10	-	3,50
13		-	-	-	-	-	-	30	20	30	60	60	55	-	4,15
14		-	-	-	-	-	30	10	-	-	-	-	-	-	-,40
15		-	-	-	-	-	-	-	-	20	30	15	10	-	1,15
16		-	-	-	-	-	-	5	20	30	15	30	5	-	1,45
17		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-,30
18		-	-	-	-	-	-	40	40	50	5	-	-	-	2,15
19		-	-	-	20	20	15	-	-	20	-	-	-	-	1,15
20		-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,15
21		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	5	-	-,45
22		-	-	-	-	-	-	-	-	15	60	60	-	-	2,15
23		-	-	45	60	50	20	-	5	-	-	-	-	-	3.--
24		-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	40	50	10	1,50
25		-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	60	60	-	2,20
26		-	-	-	-	10	60	60	60	60	50	50	40	-	6,30
27		-	20	60	60	60	40	-	-	-	-	-	-	-	4.--
28		-	-	30	-	-	-	-	-	-	30	15	45	-	2.--
29		-	10	50	60	60	60	40	-	-	-	-	10	-	4,50
30		-	-	-	-	50	60	60	60	20	-	-	-	-	4,10
31		-	-	5	25	10	20	20	40	30	20	20	40	10	4.--
TOTAL du Mois...			1h25	8,05	9,05	10,20	13h25	14h45	14h15	13h45	14h40	16h30	12h50	2h10	133h10

Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
FEVRIER 1933.-														
1er	-	-	30	40	40	30	40	60	60	60	60	60	10	8h10
2	-	20	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	10	10,30
3	-	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	15	10,30
4	-	25	60	60	60	60	60	60	55	15	-	-	-	7,30
5	-	-	-	-	-	-	20	30	55	60	60	30	-	4,15
6	-	10	15	25	40	45	50	45	60	60	60	60	15	8,05
7	-	15	30	45	45	60	40	55	40	30	40	60	10	7,50
8	-	-	-	-	-	-	-	40	20	40	50	40	-	3,10
9	-	-	-	-	-	35	45	40	30	60	60	50	5	5,20
10	-	-	10	20	60	40	20	60	30	30	60	60	10	6,40
11	-	25	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	9,50
12	-	-	10	25	60	60	60	20	35	45	10	5	-	5,30
13	-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	9.--
14	-	-	30	60	60	60	60	60	60	30	-	-	-	7.--
15	-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	30	-	9.--
16	-	-	-	10	40	5	50	60	60	40	10	-	-	4,35
17	-	-	5	60	60	60	50	45	60	50	25	-	-	6,50
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
19	10	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	10.--
20	-	20	60	60	60	60	60	55	-	-	-	15	-	6,30
21	-	-	-	20	60	50	60	60	60	60	60	60	20	8,30
22	-	40	60	60	60	60	60	60	60	45	10	-	-	8,35
23	-	-	15	35	25	20	40	60	60	60	60	60	20	7,30
24	-	-	-	-	-	20	40	15	60	60	40	30	10	4,35
25	-	-	-	-	-	40	30	40	60	50	40	20	5	4,45
26	-	-	5	20	40	60	60	60	50	45	45	35	-	7.--
27	-	30	50	35	45	60	60	40	40	40	45	20	-	7,45
28	-	15	50	50	45	50	50	30	40	40	[illegible]	-	10	6,25
TOTAL du Mois	0h10	4h35	12h40	16h25	19h20	20h55	21h55	22h35	22h30	21h20	18h20	13h25	2h15	195h55

Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
MARS 1933.-														
1er	-	-	20	50	60	60	50	60	60	60	60	60	30	10h30
2	-	-	-	-	15	60	60	60	15	-	-	-	-	3,30
3	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	30	11.--
4	-	-	-	-	10	20	35	60	60	60	60	10	-	5,15
5	-	15	20	40	40	50	-	-	-	-	-	-	-	2,45
6	-	-	35	60	60	60	60	60	60	55	50	40	-	9,30
7	-	-	40	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9,30
8	-	-	45	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	9,45
9	-	-	50	60	60	60	60	50	50	-	-	-	-	6,30
10	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	-	10.--
11	-	10	60	55	60	60	60	60	55	60	60	10	-	9,10
12	-	-	-	-	-	10	15	35	20	15	60	55	-	3,30
13	-	-	30	45	60	60	60	60	60	60	60	60	15	9,30
14	-	-	-	40	10	-	-	10	-	15	-	-	-	1,15
15	-	5	30	40	30	60	40	60	30	20	10	5	-	5,30
16	-	-	40	10	20	60	60	60	60	30	60	50	-	7,30
17	-	10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	-	9,10
18	-	-	50	40	35	15	40	-	20	4	20	30	-	4,40
19	-	25	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	5	10,30
20	-	-	-	-	-	5	30	40	45	10	-	-	-	2,10
21	-	-	15	40	60	50	30	60	60	40	20	-	-	6,15
22	-	-	10	45	30	40	10	-	-	-	-	-	-	2,15
23	-	-	-	-	-	-	5	25	60	50	60	50	20	4,30
24	-	-	-	-	20	60	60	60	60	60	50	30	-	6,40
25	-	10	30	50	40	40	60	60	60	60	60	60	10	9.--
26	-	-	-	-	-	-	-	-	45	35	60	60	20	3,40
27	-	-	40	60	60	60	60	60	60	60	55	60	5	9,40
28	-	-	45	60	60	50	50	60	5	-	-	-	-	5,30
29	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-,20
30	-	-	-	-	15	40	60	60	60	60	40	5	-	5,40
31	-	30	60	60	60	60	60	60	40	50	30	60	40	10.--
TOTAL du Mois..	2h55	14h20	18h35	19h25	23h10	22h15	23h20	22h25	22h40	19h35	19h35	2h55		211h--

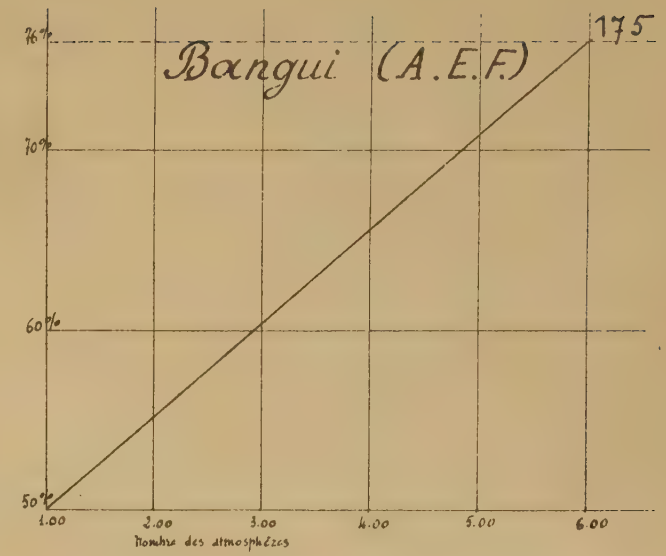
Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
AVRIL 1933.-														
1er	-	10	10	5	25	45	55	40	60	60	-	-	-	5h.
2	-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	30	-	9.--
3	-	-	-	15	30	30	25	-	10	15	60	60	5	4,10
4	-	25	60	60	60	60	60	60	60	60	60	6	-	9,30
5	-	5	60	60	60	60	50	60	60	60	60	5	-	9,--
6	-	4	60	60	60	60	60	60	60	60	20	20	-	8,40
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-,20
8	-	-	-	-	50	40	60	25	35	45	45	45	-	6,25
9	-	-	35	60	60	55	45	60	25	60	60	20	-	8,--
10	-	-	-	-	-	40	25	-	-	-	-	-	-	1,05
11	-	-	60	60	60	60	60	5	60	60	60	40	-	9,40
12	-	-	-	-	55	60	60	60	60	60	60	60	30	8,25
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
14	-	20	60	60	60	60	60	60	60	20	10	-	-	7,50
15	-	-	-	15	60	60	60	20	-	-	-	-	-	3,35
16	-	-	-	-	-	-	40	60	60	60	60	20	-	5.--
17	-	-	-	-	5	55	60	60	55	55	60	40	-	6,30
18	-	-	-	-	-	17	55	15	-	-	-	-	-	1,27
19	-	-	-	-	25	55	60	60	60	40	60	10	-	6,10
20	-	35	50	60	60	60	60	50	60	60	25	-	-	8,40
21	-	-	35	60	60	60	60	60	60	60	25	-	-	8.--
22	-	-	45	60	60	60	60	60	60	60	60	45	-	9,30
23	-	-	40	60	55	60	60	15	-	-	-	-	-	4,50
24	-	-	60	60	60	60	60	60	55	40	40	15	-	8,30
25	-	-	25	60	60	60	60	60	60	60	60	15	-	8,40
26	-	-	35	60	60	60	60	60	60	40	20	35	-	9,10
27	-	-	40	60	60	60	55	60	60	60	55	-	-	8,30
28	-	-	-	-	-	-	-	10	60	60	60	60	-	4,10
29	-	10	55	20	55	60	60	40	60	60	10	-	-	7,10
30	-	-	30	60	60	60	50	20	20	-	-	-	-	5.--
TOTAL du Mois.	1h45	13h20	16h55	21h.	25h37	24h40	20h55	21h20	20h15	17h20	8h35	0h55		190h17

Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
MAI 1933.-														
1er	-	10	60	60	60	60	60	60	60	40	-	-	-	7,50
2	-	-	-	50	60	60	60	60	60	60	40	30	-	8.--
3	-	-	-	20	60	60	60	60	10	20	-	-	-	4,50
4	-	-	-	-	25	60	55	60	60	50	55	35	20	7.--
5	-	-	15	55	60	60	60	60	60	55	60	60	-	9,05
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	0,30
7	-	-	-	15	60	55	20	60	60	20	35	50	20	6,35
8	-	30	60	60	60	60	60	40	20	30	-	-	-	7.--
9	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	30	-	10.--
10	-	20	40	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	9.--
11	-	-	-	30	60	55	25	60	60	10	40	20	35	8,50
12	-	30	60	60	60	60	60	60	60	30	-	-	-	8.--
13	-	-	-	-	-	20	25	45	60	60	60	60	-	5,30
14	-	-	15	-	-	-	10	-	-	-	60	-	-	1,25
15	-	-	-	50	60	60	60	60	40	40	20	10	-	6,40
16	-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	20	-	-	8,10
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
18	-	-	10	60	60	60	60	60	60	30	-	-	-	6,40
19	-	-	50	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9,40
20	-	40	60	60	60	60	60	50	45	34	60	-	-	8,50
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
22	-	-	15	60	60	60	60	60	60	60	15	-	-	7,30
23	-	20	55	60	60	60	60	60	60	60	60	45	-	10.--
24	-	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60	10	-	9,25
25	-	-	-	40	30	-	60	50	-	10	-	-	-	2,30
26	-	-	-	40	60	60	60	50	15	-	-	-	-	4,45
27	-	-	30	60	60	60	60	60	60	60	60	50	-	9,20
28	-	-	15	60	60	60	60	60	60	15	-	-	-	6,30
29	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.--
30	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
31	-	-	-	30	50	40	15	10	45	60	50	-	-	5.--
TOTAL du Mois.	3h15	10,55	19h40	22h45	22h50	22h30	23h05	20h55	17h55	14h35	7h30	1h15		197h10

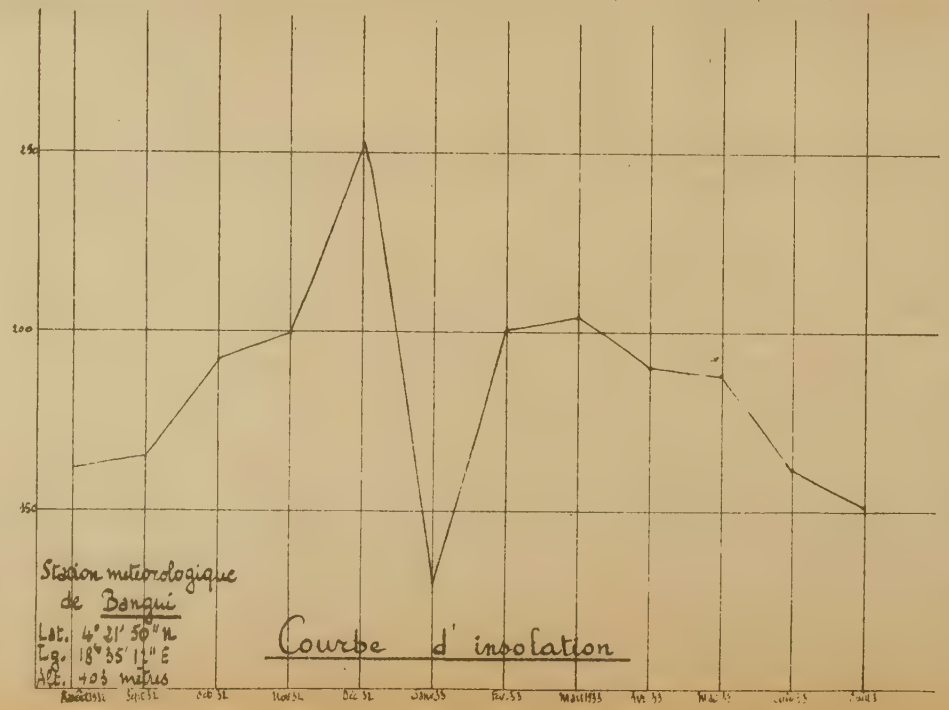
Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
JUIN 1933.-														
1er	-	-	15	55	30	50	60	60	60	60	60	45	5	6h20
2	-	-	-	60	60	60	60	60	10	-	-	-	-	5,10
3	-	-	5	-	-	25	60	35	30	45	60	60	40	6,05
4	-	-	40	35		30	60	60	60	60	60	60	30	8,15
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	30	-	-,50
6	-	-	40	60	60	60	60	60	60	45	60	60	25	9,50
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,-
8	-	-	45	60	15	-	-	2	-	-	10	50	35	3,37
9	-	-	-	20	60	60	60	60	60	60	40	-	-	7.--
10	-	10	60	60	60	60	60	60	60	55	45	-	-	8,50
11	-	-	45	60	60	60	60	55	45	-	-	-	-	6,25
12	-	-	5	5	5	-	30	40	40	50	60	60	30	5,25
13	-	-	5	10	25	15	45	35	45	60	60	40	20	6.--
14	-	-	-	-	-	5	45	60	60	60	60	60	45	6,35
15	-	10	40	60	60	60	60	60	55	45	-	-	-	7,30
16	-	-	10	60	40	20	5	60	60	60	55	10	2	6,22
17	-	-	-	40	60	60	60	60	60	60	60	60	35	9,15
18	-	-	-	30	-	-	-	-	-	25	35	25	-	1,55
19	-	-	-	30	20	10	15	25	10	60	30	-	--	3,20
20	-	-	-	30	35	5	60	25	-	-	35	60	45	4,55
21	-	-	25	5	55	50	60	60	58	55	60	60	30	8,38
22	-	-	40	60	60	60	60	60	40	60	20	30	-	8,10
23	-	-	10	10	20	30	20	25	2	50	60	45	2	4,34
24	-	-	-	5	40	60	55	15	25	-	-	-	-	3,20
25	-	-	-	-	35	60	50	25	-	-	5	-	-	2,50
26	-	-	20	20	15	45	60	60	40	60	60	60	10	7,30
27	-	-	15	-	5	-	2	-	-	-	-	-	-	-,22
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-,--
29	-	-	-	-	-	20	50	60	60	60	60	60	40	6,50
30	-	-	--	-	-	25	60	60	60	60	60	60	10	6,35
TOTAL du Mois	0h20	9h.	12,55	13h40	15h30	20h17	19h42	16h40	16h10	17h55	15h35	6h44		174h28

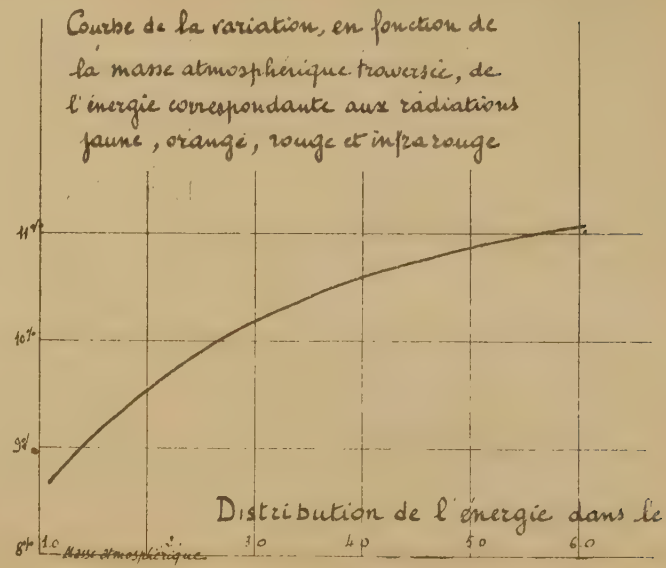
Date	Heures 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	Durée totale.
JUILLET 1933.-														
1er	-	-	-	20	60	60	60	60	5	-	25	5	2	4h55
2	-	-	-	-	40	40	60	60	57	60	45	-	-	5,22
3	-	10	60	60	60	60	60	60	60	58	8	25	10	8,51
4	-	-	-	30	60	35	10	-	-	-	-	-	-	2,15
5	-	-	-	10	30	35	2	20	20	58	25	-	-	3,20
6	-	-	-	25	50	20	60	60	60	60	35	-	-	6,10
7	-	-	45	60	60	60	60	3	-	-	-	-	-	4,48
8	-	-	5	-	-	5	0	45	58	45	40	60	10	4,23
9	-	-	30	15	30	35	55	60	60	35	-	-	-	5,20
10	-	5	60	60	60	60	58	60	60	50	60	60	5	9,58
11	-	-	20	32	30	60	60	60	50	60	60	10	-	7,22
12	-	-	15	35	60	40	35	30	60	60	60	20	-	6,55
13	-	-	40	60	60	60	60	60	60	58	15	-	-	7,53
14	-	-	25	25	60	60	28	30	20	-	-	-	-	4,08
15	-	-	20	35	60	60	60	60	60	35	2	-	-	6,32
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	45	-	1,13
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	45	20	-	1,35
18	-	-	-	15	10	-	10	2	40	40	20	-	2	2,17
19	-	-	-	25	35	60	60	60	60	60	60	50	15	6,05
20	-	-	-	60	60	40	60	45	35	-	-	-	-	5.--
21	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	5	-	-	0,15
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.--
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	35	15	1,05
24	-	-	-	20	60	60	55	55	45	45	60	35		7,15
25	-	-	-	-	30	20	-	-	-	60	60	60	25	4,15
26	-	-	-	-	20	-	-	-	-	25	-	-	-	0,45
27	-	-	-	-	-	-	30	-	-	30	-	20	-	1,20
28	-	-	-	-	30	60	60	60	60	45	50	-	-	6,05
29	-	25	60	60	60	60	60	20	30	60	60	35	-	9,05
30	-	-	-	2	2	-	-	-	5	45	45	35	40	2,45
31	-	-	-	60	60	35	35	45	60	60	60	-	-	7,20
TOTAL du Mois	0h25	6h20	11h27	15,45	17h05	17h23	15h55	16h20	17h50	14h23	9h--	2h35		144h37

Variation du rapport $\frac{\text{Rj rouge + Rj infrarouge}}{\text{radiation totale}}$ au cours de la journée



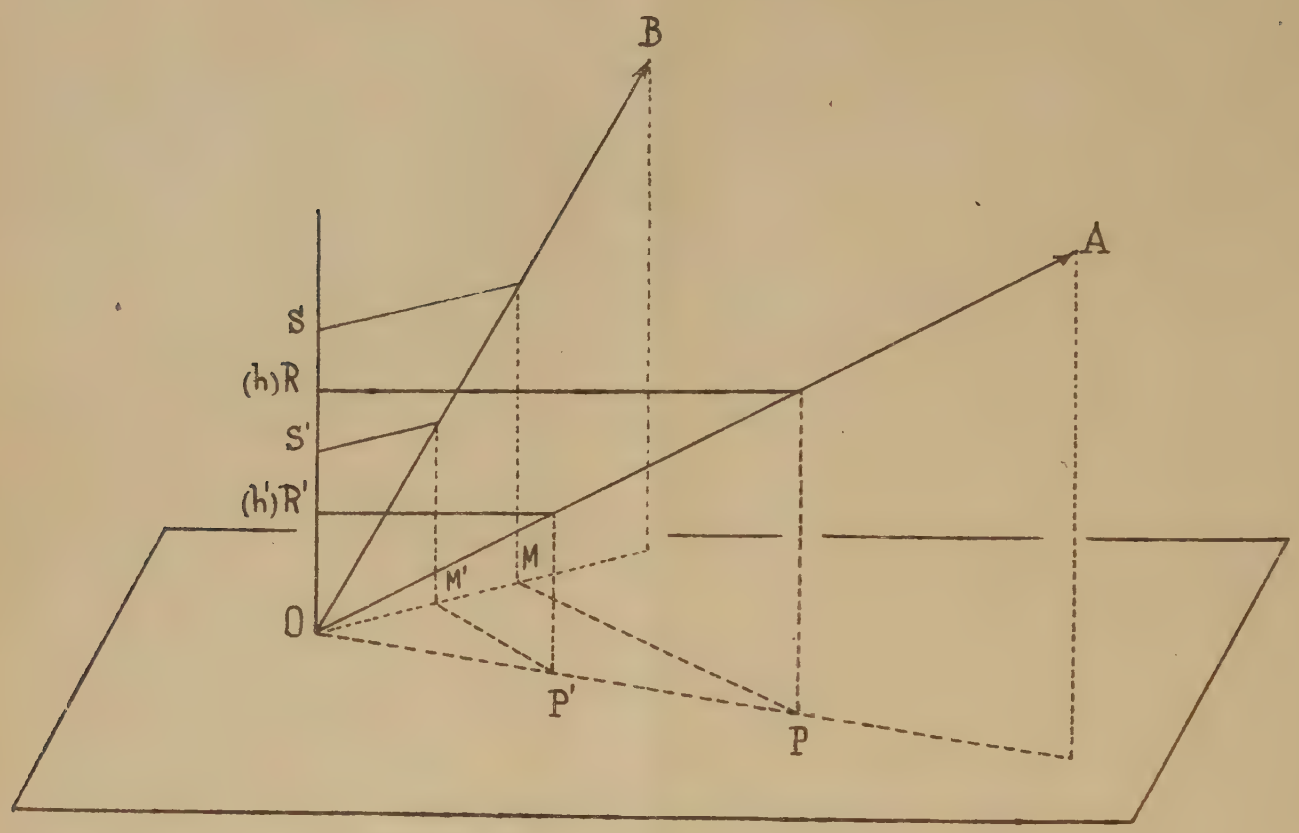
Variation du rapport $\frac{\text{Rj rouge + Rj infrarouge}}{\text{radiation totale}}$ en fonction de la quantité d'air traversé





EMPLOI DU THEODOLITE LE PRIEUR

(Note de MM. MONDAIN et RASP)



SERVICE METEOROLOGIQUE
DE
MADAGASCAR.

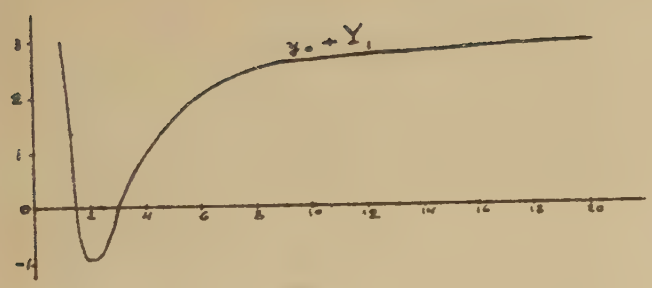
FEUILLE SPECIMEN DE LA TABLE
pour le calcul de $d = d' \cdot \frac{h}{h - a}$

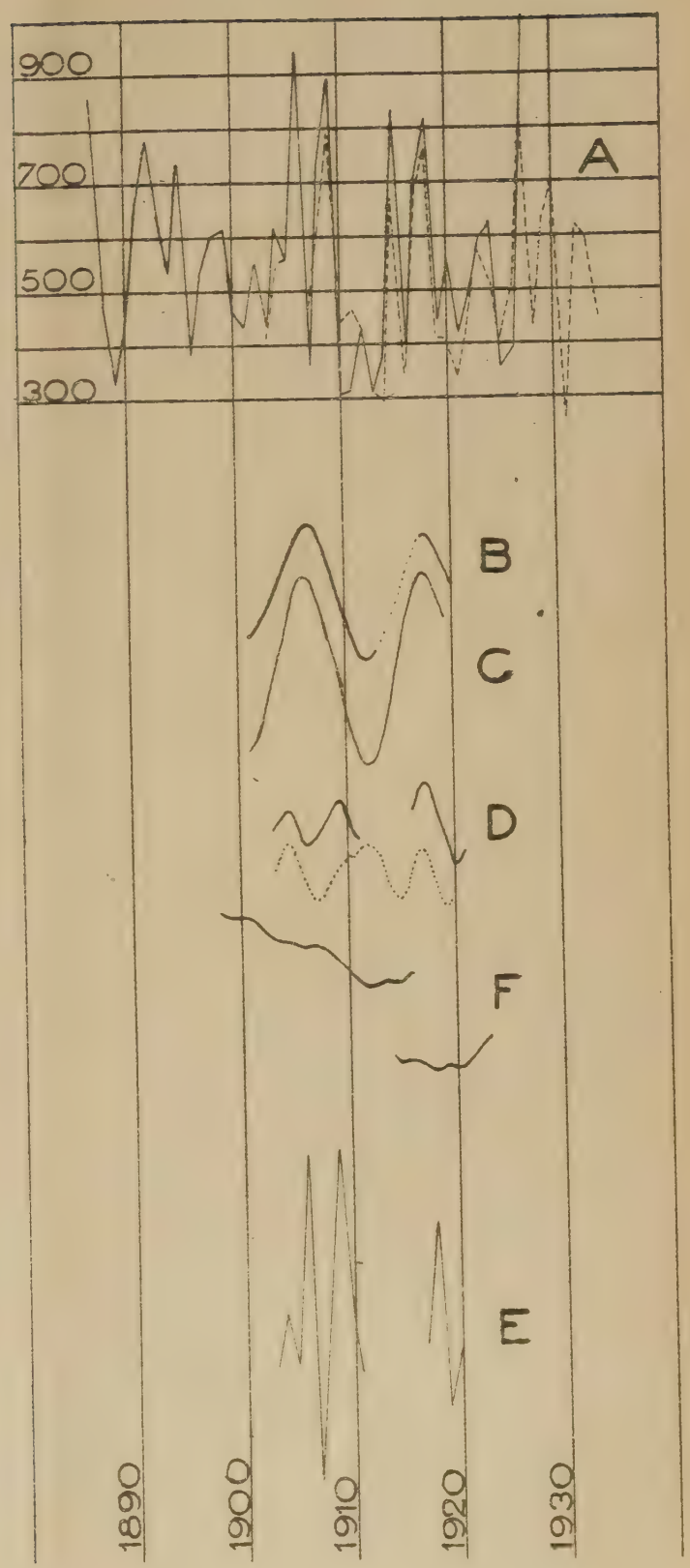
a = 5.800

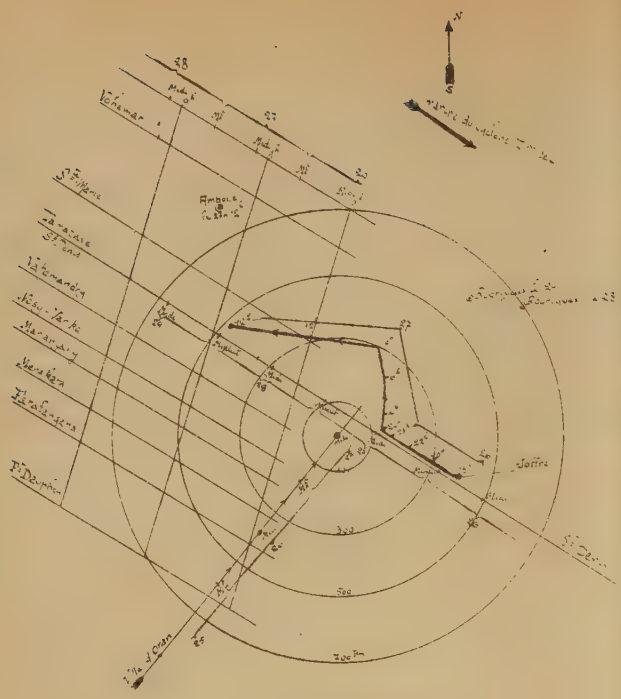
	6900	7000	7900	8000	8900	9000	9900	10000	10900	11000	11900	12000	12900	13000	13900	14000	14900	15000
2	12,55	11,67	7,52	7,27	5,74	5,63	4,83	4,76	4,27	4,23	3,90	3,87	3,63	3,61	3,43	3,41	3,27	3,26
3	18,82	17,50	11,28	10,91	8,61	8,44	7,24	7,14	6,41	6,35	5,85	5,81	5,45	5,42	5,15	5,12	4,91	4,89
4	25,09	23,33	15,05	14,55	11,48	11,25	9,66	9,52	8,55	8,46	7,80	7,74	7,27	7,22	6,86	6,83	6,55	6,52
5	31,36	29,17	18,81	18,18	14,35	14,06	12,07	11,90	10,69	10,58	9,75	9,68	9,08	9,03	8,58	8,54	8,19	8,15
6	37,64	35,00	22,57	21,82	17,23	16,88	14,49	14,29	12,82	12,69	11,70	11,61	10,91	10,83	10,30	10,24	9,82	9,78
7	43,91	40,83	26,33	25,45	20,10	19,69	16,90	16,67	14,96	14,81	13,66	13,55	12,72	12,64	12,01	11,95	11,46	11,41
8	50,18	46,67	30,10	29,09	22,97	22,50	19,32	19,05	17,10	16,92	15,61	15,48	14,54	14,44	13,73	13,66	13,10	13,04
9	56,45	52,50	33,86	32,73	25,84	25,31	21,73	21,43	19,24	19,04	17,56	17,42	16,35	16,25	15,44	15,37	14,74	14,67
10	62,73	58,33	37,62	36,36	28,71	28,13	24,15	23,81	21,37	21,15	19,51	19,35	18,17	18,06	17,16	17,07	16,37	16,30
11	69,00	64,17	41,38	40,00	31,58	30,94	26,56	26,19	23,51	23,27	21,46	21,29	19,99	19,86	18,88	18,78	18,01	17,93

ANALYSE PRELIMINAIRE DES PLUIES A DAKAR

(Note de M. V. FROLOW)



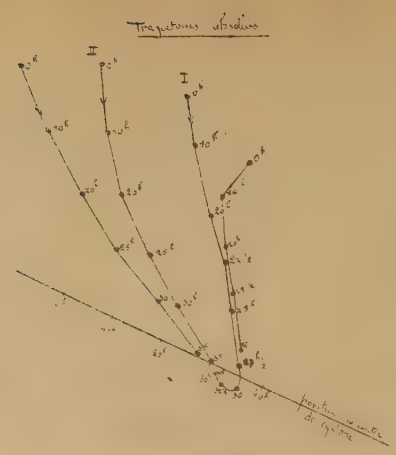


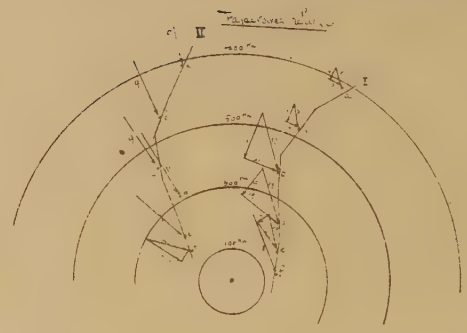


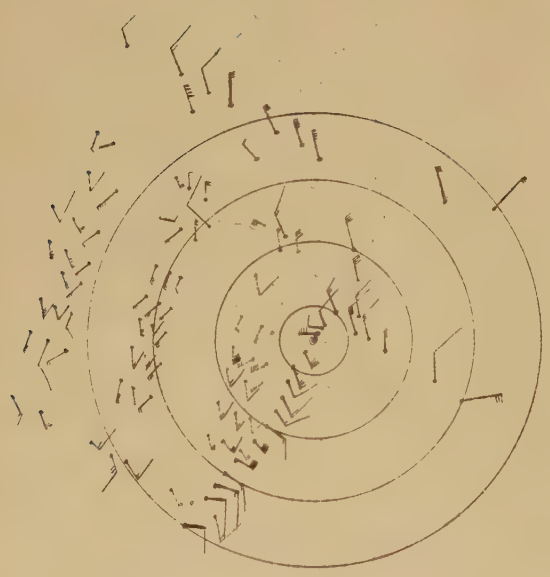
cyclone du 20 janvier 1935

positions relatives au centre du cyclone des stations de : St Denis de la Réunion
: Madagascar côte Est
: paquebots : Joffre
: Amboise
: Ville d'Oran

S M de la Réunion

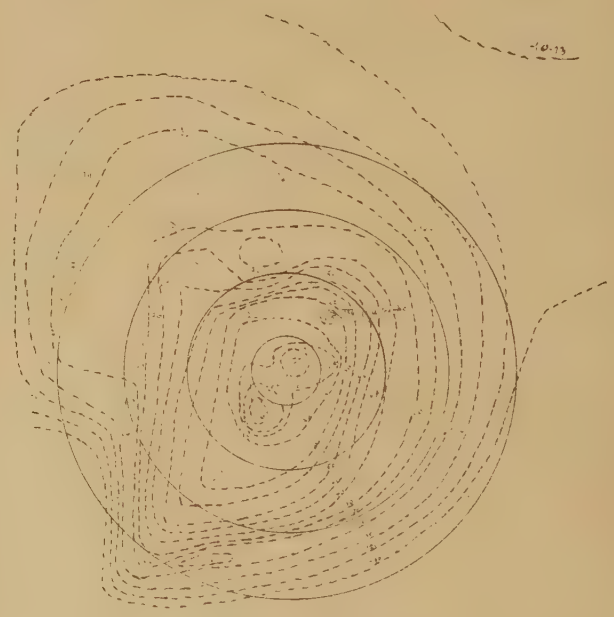






cyclone du 26 janvier 1935
Cartes des Vents inférieurs.
En pointillé les vents de [illegible] car le jour de la formation du cyclone

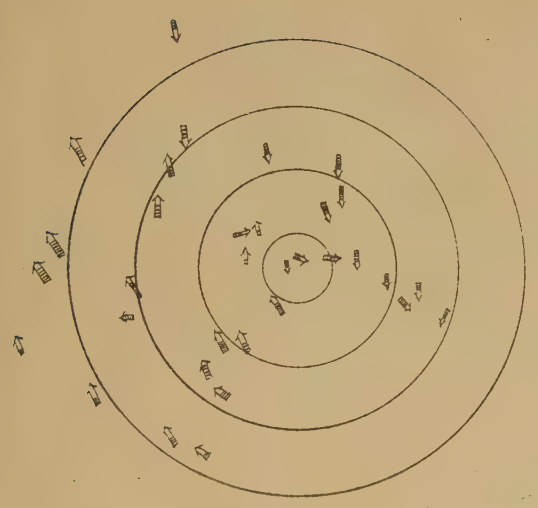
S M de la Réunion
de Monts



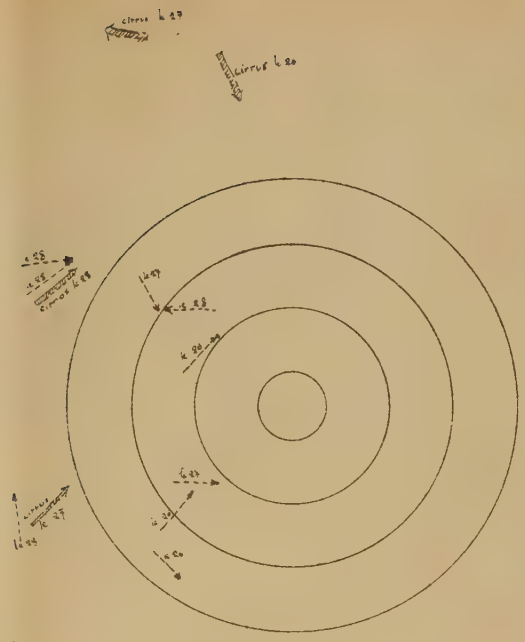
isobares du cyclone des 26-7-8 janvier 1935

S M de la Réunion
de Monts

cyclone des 26-7-8 janvier 1935
carte des houles en échelle Beaufort



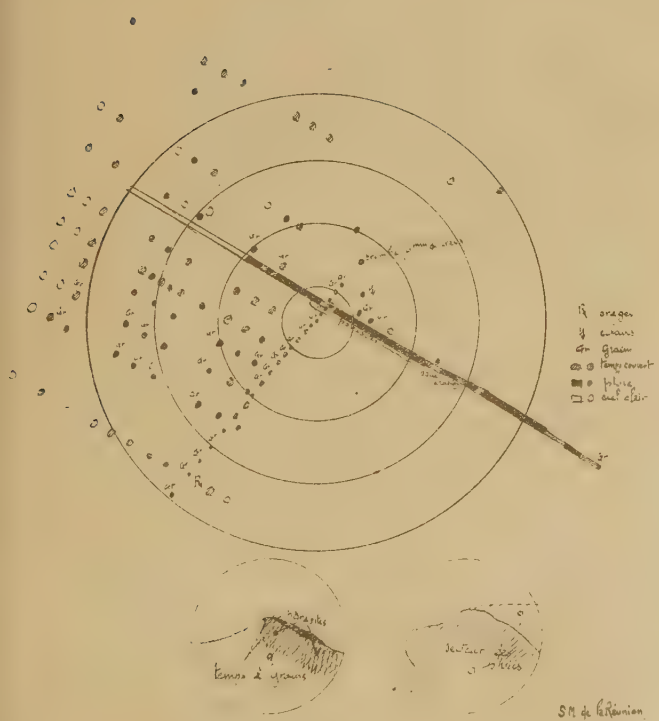
S.M. de la Réunion
de Monts



cyclone des 26-7-8 janv. 35
carte des courants : moyens (alt. cu. ---→)
: supérieurs (cirrus ⟹)

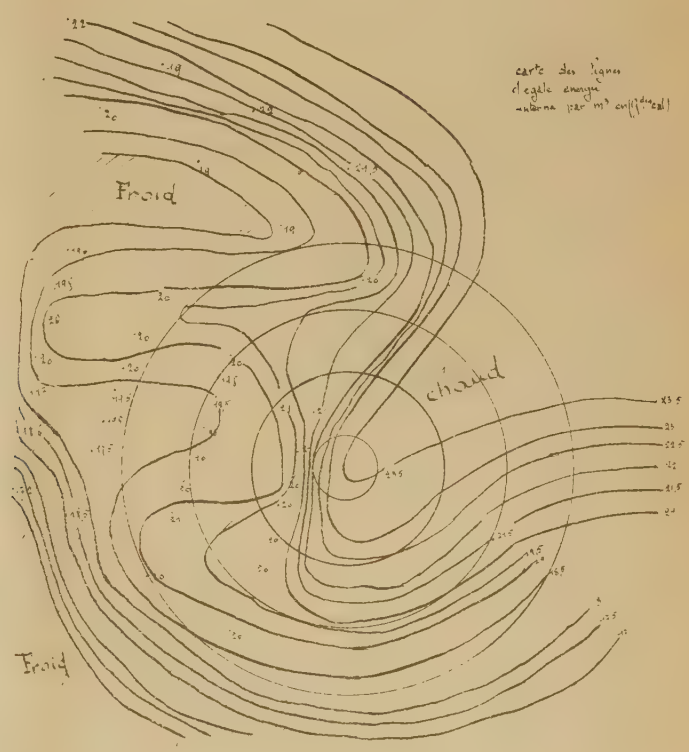
S.M. de la Réunion
de Monts

carte des pluies, grains, météores (trombes, éclairs...)
du cyclone des 26-7-8 janvier 1935



S.M. de la Réunion
de Monts

carte des lignes
d'égale énergie
interne par m³ en (f. des cal)



cyclone des 26.7.8 janvier 1935

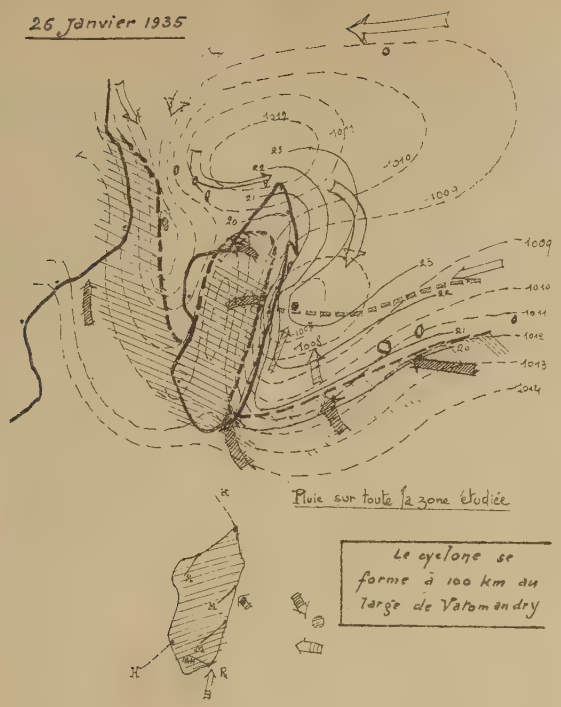
S.M. de la Réunion
de Monts

23 Janvier 1935

24 Janvier 1935

25 Janvier 1935

26 Janvier 1935



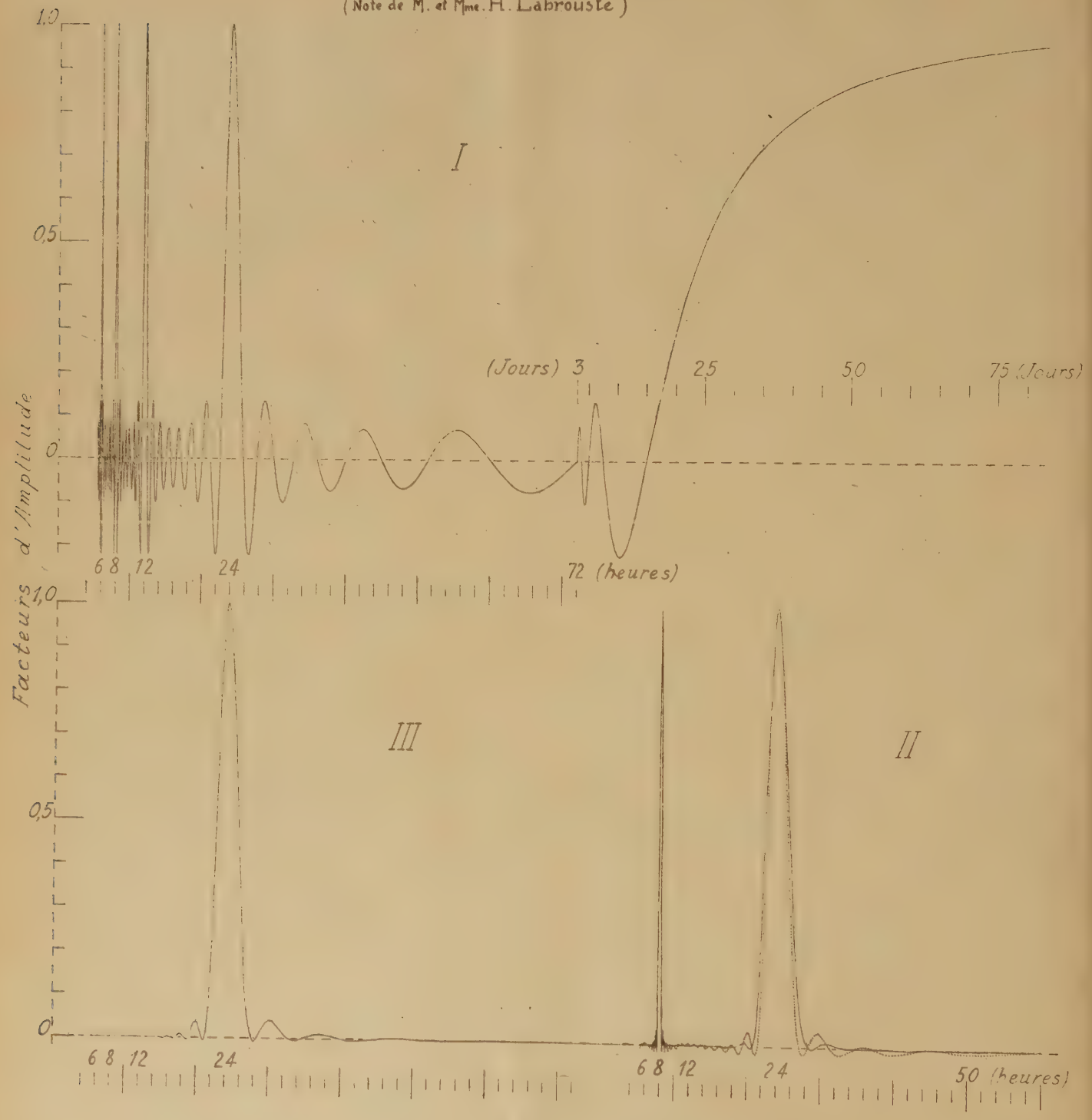
27 janvier 1935

28 janvier 1935

29 janvier 1935

Comparaison de la méthode des moyennes avec celle des combinaisons linéaires dans l'étude des variations diurnes

(Note de M. et Mme. H. Labrouste)



Rôle catalyseur de l'Air Polaire dans la genèse d'un cyclone tropical (26-7-8 janvier 1935)

Rappelons ici que le cyclone est non un système isolé de molécules d'air plus ou moins tourbillonnantes mais une entité signifiant que, dans une portion de l'atmosphère, le champ des vitesses et des pressions barométriques sont approximativement invariables dans le temps, relativement à des axes de coordonnées animés d'un mouvement horizontal de translation sensiblement uniforme.

Le champ des vitesses relativement à ces axes représente un tourbillon centripète et les isobares du champ de pression sont approximativement concentriques au minimum de pression.

Le champ des vitesses est la conséquence du champ de pression dans le cas du cyclone tropical.

Inversement, le champ de pression est la conséquence du champ des vitesses dans le cyclone norvégien.

Cette distinction entre les deux types de cyclones, nous allons la prouver en ce qui concerne le cyclone tropical de fin janvier 1935 (Voir figures pages 178-181).

Pour cela, nous allons tenter de prouver par l'observation que le champ de pression cyclonique a existé avant le champ des vitesses.

Incidemment, nous fixerons le rôle, fondamental à notre avis, de l'air froid dans la formation du champ de pression cyclonique.

Puis, nous analyserons le champ de pression en le décomposant en un champ de pression d'origine statique et un champ de pression d'origine dynamique, ce dernier tendant à masquer le premier dès le début de la formation du cyclone (1).

Les bases de notre discussion seront des faits d'observation : le 25, les masses d'air en présence dans les parages Mascareignes-côte Est de Madagascar sont les suivantes :

a) Une masse d'air *chaud* : 30°3 à midi ; 26° minimum de nuit.

Vent 2 à 3 Beaufort ; humidité comprise entre 72% et 90%.

Forte énergie thermique 21,5 Gdes Cal./m3.

L'origine de cet air est soit de l'ancien air polaire ou subtropical froid, dénaturé par réchauffement depuis le 23, ce qui lui communique un gradient vertical de température 0°6, au moins jusqu'à 2.500 ou 3.000 mètres.

b) Une masse d'air froid neuf, peut-être polaire, venant du Sud, limitée au Nord à Fort-Dauphin :

Air *froid* 25° à midi ; 23°6 minimum de nuit ;

Humidité comprise entre 80 et 92 % ;

Plutôt agité (vent 4 à 6 Beaufort)comme à chaque invasion polaire ;

Faible énergie interne spécifique 19,7 G. cal./m3. Nous savons que cet air froid est parvenu à Fort-Dauphin par effondrement (compression adiabatique) d'une masse d'air polaire assez épaisse (3 à 5 km.) expulsée à travers le front polaire vers le 40° de latitude. Il est probable qu'à ce moment le front polaire s'est soudé au front intertropical. L'effondrement produit une compression adiabatique : aussi le gradient vertical de température est-il le gradient adiabatique 1° environ, dans toute l'épaisseur qui est peut-être réduite à 1500 m. à Fort-Dauphin.

Ces deux masses d'air semblent être séparées physiquement par une surface qui coupe le niveau de la mer le long de l'isobare 1013.

Cette ligne, qui suit le contour de l'anticyclone austral en direction ENE-WSW, se relève brusquement le long de la côte Est de Madagascar pour y envelopper le centre d'action continental malgache.

Notons que, pour la raison de leur origine respectivement tropicale et polaire, l'énergie interne thermique spécifique est plus élevée dans l'air tropical et les lignes d'égale énergie thermique suivent le tracé des isobares et, comme elles, se pressent de part et d'autre du front.

Dans la formation du cyclone de fin janvier 1935, l'ordre chronologique des événements fut le suivant : Arrivée de l'air froid (le 25, au matin) ;

(1) On oublie fréquemment que le baromètre indique à la fois :

1° Le poids de la colonne d'air verticale qui le surmonte ;

2° Les effets dynamiques du vent qui le baigne.

Etablissement d'un champ de pression cyclonique (le 26, vers 9 h.);

Etablissement d'un champ de vitesse cyclonique (le 26, à 18 h.).

Analysons la genèse du phénomène :

Considérons deux points *a* et *b* respectivement dans l'air tropical et dans l'air froid, et leurs verticales qui rencontrent quelque part, avant la stratosphère, ou tout au plus sur sa limite, une surface isobare horizontale en AB (Fig. 1).

Les pressions en *a* et *b* sont normalement légèrement différentes, c'est un fait d'expérience (environ 1 mm pour 300 km au maximum).

Si cette légère différence de pression pouvait se dissiper par une simple circulation d'air *ab*, il n'y aurait là qu'un éphémère vent de gradient.

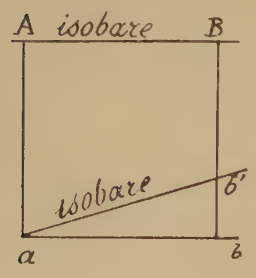


Fig. 1.

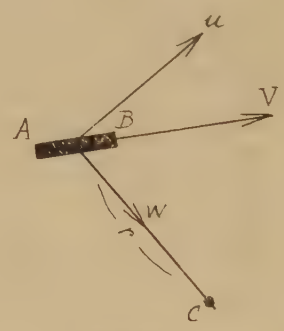


Fig. 2.

Mais si ce déplacement d'air éphémère tend à augmenter le gradient qui l'a provoqué, nous arriverons à un champ de pression cyclonique.

Cherchons, dans différents cas, à calculer le poids de la colonne d'air *b b'*, ce qui permettra de calculer le gradient entre *ab*.

Pour cela, calculons les altitudes A*a* et B*b'* par la formule de Vallot adoptée par le Bureau des Longitudes.

$$\text{Dénivellation } N = 18336 . \lg \frac{p_A}{p_a}$$

$$\left(1+\frac{265}{10}\cos 2L+\frac{N+15926}{6366000}\right)\left[1+\frac{2}{1000}\left(2t_m+2v-\frac{K}{N}\right)\right]$$

t_m = temp. moy. inf. des 24 h.

v = variable très petite qui dépend de l'heure.

$\frac{100}{K}$ = le gradient vertical de température.

K = 220 m dans l'air tropical saturé.

K = 154 m dans l'air tropical normal.

K = 100 m dans l'air froid.

puisque, par hypothèse, $p_A = p_B$

$p_a = p_{b'}$

il vient par différence :

$$bb'^m = N \times \frac{2}{1000}\left[(t_{ma} - t_{mb'}) - N\left(\frac{1}{K}-\frac{1}{K}\right)\right]$$

1er CAS. — Supposons :

a dans l'air tropical normal $t_m = 27°$; K = 154

b' dans l'air froid $t_m = 24°$; K = 100.

Supposons que l'air froid soit épais de 1500 m et que la surface isobare horizontale AB soit à l'altitude 1500 m.

bb' = 35 m *ou* 3 mm *de mercure*

L'air froid va se mettre en mouvement sous l'effet de cette différence de pression et dans le tube A*ab*B l'air froid descend et l'air tropical monte. L'énergie fournie pour monter l'air tropical est égale à celle produite par l'air froid descendant jusqu'au moment où l'air tropical ascendant se refroidit assez par détente pour atteindre la saturation et il y a condensation de vapeur d'eau :

La table de Neuhof nous indique que pour 1000 m d'ascension 1 kg d'air saturé libère 3 gr. à 3,5 gr d'eau, soit une énergie de — 870 kgm.

L'air chaud ascendant n'aura plus besoin que de (1 — 0,87) kgm, soit 0,13 kgm par kilo et par mètre d'ascension et pour une même perte d'énergie potentielle de l'air froid, l'air chaud s'élèvera 7 à 8 fois plus haut que s'il n'était pas saturé.

La circulation jusqu'ici normale va s'accélérer 7 à 8 fois. D'autre part, le gradient vertical de température passe de 0°6 à 0°4 et le poids de la colonne d'air tropical diminue. C'est là que naît le champ de pression cyclonique. L'origine de ce champ est donc un incident du front froid.

2e CAS. — Si on applique le raisonnement précédent en prenant :

b' dans l'air polaire $t_m = 24°$ K' = 100

a dans l'air tropical saturé $t_m = 27°$ K = 220.

bb' = 42 m *soit* 4 mm *de mercure* environ

la différence de pression augmente de 1 mm de mercure par rapport au 1er cas. Donc, la circulation A*ab*B va s'accélérer du fait surtout de la condensation de la vapeur dans l'air chaud ascendant.

Rien n'empêche que l'air froid se répande en nappe sous l'air chaud qu'il force ainsi à s'élever.

3e CAS. — Avant que ce phénomène se soit produit, considérons :

b' dans l'air tropical normal K = 154

a dans l'air tropical saturé K = 220

$t_{mb'} = t_{ma}$

Si à ce moment l'air tropical est saturé jusqu'à 4500 m, l'isobare horizontale qui pouvait être envisagée aux environs de 1500 m au-dessus de l'air polaire peut se trouver alors au-dessus de l'air tropical à 5000 m.

$bb' = 100$ m *ou* 9 mm *de mercure*

le gradient de pression va donc se trouver à ce moment plus élevé entre l'air tropical normal et l'air tropical saturé : (9 mm) qu'entre l'air froid et l'air tropical saturé ; (4 mm).

Il est probable que seul alors l'air tropical peut accéder dans la zone centrale. Aucun raisonnement mathématique ne permet de le certifier toutefois, du moins à notre connaissance.

Le gradient entre l'air tropical normal et l'air tropical saturé étant le double de celui entre l'air froid et l'air tropical saturé, les vents d'origine tropicale vont être les plus forts : c'est ce que vérifie l'observation. L'air froid ne jouera plus aucun rôle dans le cyclone : le catalyseur ne sert plus à rien quand la réaction est amorcée.

Les différences de pression précédemment calculées sont :

1° Période calme (air moyennement froid, air tropical non saturé) ..... 1 mm

2° Arrivée de l'air froid (*b* dans l'air polaire d'épaisseur 1500 m) ..... 3 mm

3° L'air tropical ascendant est saturé (*b* dans l'air froid) ..... 4 mm

4° *b* est dans l'air tropical normal (épaisseur 5000 m) ..... 9 mm

Nous estimons que le passage de 2° à 4° nécessite 4 à 5 heures.

En fait, le 23, les gradients sont très faibles dans la région qui nous intéresse. Le 25, l'arrivée d'air froid a produit la différence de pression du cas 1 (3 à 4 mmb environ) ce qui correspond à une épaisseur d'air froid de 1300 mètres en mer à 1500 m sur terre.

Le 26, entre 0 h. et 7 h. du matin, l'air froid est normalement agité (vent 3 à 5 Beaufort) sous l'effet de la différence de pression (3 à 4 mmb), comme le signale la « Ville d'Oran » à 500 km au sud du futur centre cyclonique. C'est la circulation 2.

Entre 7 h. et 9 h., à Tananarive, on observe un vent exceptionnel (7 Beaufort) d'Ouest dans l'air froid, à 1400 mètres d'altitude ; ce vent se dirige vers le centre le plus chaud et pluvieux de la côte Est de Madagascar où naîtra le cyclone. C'est la circulation du cas 3. C'est le fait essentiel de la formation du cyclone ou plutôt du champ de pression cyclonique. A ce moment, les pluies redoublent d'intensité sur les Mascareignes et probablement au large de la côte Est de Madagascar : la circulation 3 s'accélère. Comme dans le passage de 2 à 3, la pression à Vatomandry tombe vers 8 heures du matin de 1 mm 5, le gradient augmente légèrement.

L'air tropical doit se saturer sur une grande épaisseur.

Ce coup de vent de Tananarive n'est pas enregistré sur la « Ville d'Oran ». Ce navire signale même une accalmie de vent de 8 h. à 18 h. (le vent tombe de 6 à 4 Beaufort), ce qui paraît paradoxal ; le vent aurait dû ,au contraire, forcer pour deux raisons :

— Augmentation diurne du vent,

— Rapprochement du futur centre cyclonique.

De même, le 26, l'air reste calme jusqu'à 18 heures autour du centre cyclonique.

Le champ de pression se creuse assez rapidement, au contraire, depuis le coup de vent de Tananarive à 9 heures, phénomène d'ailleurs isolé et qui ne semble pas s'être produit en d'autre point du front froid.

Ce n'est que le 26, à 18 heures, que les premières rafales d'air tropical apparaissent et encore sont-elles loin du centre : c'est la circulation N° 4 avec gradient de 9 mm sur une distance de base de 500 à 700 km. Le champ des vitesses caractéristiques du cyclone a donc été créé 10 heures environ après le champ des pressions statiques.

La naissance d'un champ des vitesses va entraîner alors la formation d'un champ de pression d'origine dynamique que nous allons analyser de façon à nous rendre compte de l'importance de plusieurs phénomènes dynamiques pris isolément et dont l'importance varie avec les secteurs du cyclone et d'un cyclone à un autre.

Analysons le champ de pression d'origine dynamique :

Considérons (Fig. 2, p. 184) un élément de trajectoire d'air AB et le centre dépressionnaire qui est aussi le centre instantané du champ de vitesse.

La trajectoire élémentaire AB comporte une vitesse V qui peut se décomposer en une vitesse suivant le rayon r soit w, et suivant une vitesse perpendiculaire u.

Appliquons le théorème des forces vives en mouvement relatif à une molécule d'air de poids mg parcourant la trajectoire AB d'un mouvement radial de vitesse w et entraînée dans un mouvement de rotation de vitesse u :

La demi-différentielle de forces vives relatives est égale aux énergies suivantes totalisées avec leur signe :

1° Travail élémentaire relatif des forces directement appliquées (pression et gravité) ;

2° L'énergie élémentaire fournie par le milieu extérieur par effet de :

Viscosité de l'air,
Formation de houle de tempête,
Elévation du niveau de la mer,
Condensation de vapeur d'eau,
Formation d'énergie électrique et chimique (pour mémoire).

3° Au travail élémentaire des forces d'inertie d'entraînement dues :

A la rotation de la Terre,
A la rotation propre du tourbillon.

$$d\frac{1}{2}mw^2 = dp\frac{mg}{\omega} - mgkvdt + (\Sigma\text{-}1)mgdz + m\frac{u^2}{r}dr + \Sigma' mg\frac{dp}{p}$$

d'où le gradient :

$$\frac{dp}{dr} = w\frac{dw}{dr}\frac{\omega}{g} + kv\frac{1}{\frac{dr}{dt}}\omega + (1\text{-}\Sigma)\frac{dz}{dr}\omega - \frac{u^2}{r}\frac{\omega}{g} - \Sigma'\frac{dp}{p}\frac{\omega}{dr}$$

Gradient dû à la variation de forces vives relatives :

$$\frac{dp}{dr} = w\frac{dw}{dr}\frac{\omega}{g}$$

C'est tout simplement la différence de pression statique en l'absence de tourbillon. Mais, en fait, ce gradient est modifié car l'air ne peut s'écouler librement vers le centre.

Nous donnons, plus loin, des valeurs de ce gradient.

Gradient dû au travail élémentaire de la gravité :

$$\frac{dp}{dr} = (1\text{-}\Sigma)\frac{dr}{dz}\omega$$
$$\Sigma = 0{,}87$$

Si l'air est non saturé $\Sigma = 0$, le gradient est de 10 mm si la pente de l'air ascendant suivant le rayon est de 1/1000.

Si l'air est saturé la vapeur d'eau libère par condensation $\Sigma = 0{,}87$ kgm par kilo et par mètre d'ascension.

Le gradient est ainsi diminué par la condensation et sa valeur passe à 1,6 mm (1).

Mais, dans tous les cas, le gradient statique a baissé de 10 mm du fait de l'ascension : la part qui revient au gradient d'origine dynamique est 0 dans le cas de *l'air non saturé*, et 10 — 1,6 = 8,4 mm (dont le signe est négatif) dans l'air saturé.

(1) Les gradients de pression que nous donnons sont la diminution de pression quand on se rapproche du centre de $s^o = 111$ km.

La condensation tend donc à niveler la pression.

Gradient dû à la viscosité de l'air $\frac{dp}{dr} = k.\,v.\,\frac{1}{\frac{dr}{dt}}\omega$

Considérons notre station comme placée au-dessus de 200 mètres dans l'air libre : le coefficient de viscosité de Gulberg et Mohn est :

$$k = 2.10^{-5}$$

si la vitesse est de 10 m/sec., le gradient est :

$$\frac{dp}{d\rho} = 2.10^{-5}.\ 10.\frac{1}{4}.\ 1{,}3$$

$\frac{dp}{dr} = 1/2$ mm le gradient est donc augmenté par frottement.

Gradient dû à la perte d'énergie par formation des houles

L'énergie cinétique des houles que nous avons observées ($2^m{,}50$ de creux, per. 10 sec.) par gramme d'eau parcourant un cercle vertical de $2^m{,}50$ de diamètre en 10 sec. est : $\frac{1}{2}\left(\pi.\ \frac{2{,}^m5}{10}\right)^2$

L'expérience prouve que toute l'énergie des houles est concentrée dans une couche d'océan de 10 mètres d'épaisseur.

L'énergie de houle contenue dans une colonne verticale de 1 cm² de section et de 10 m de haut est :

$$1000^{cm} \times \frac{1}{2} \times \left(\pi\ \frac{250}{10}\right)^2 = 3.10^6\ c.g.s.$$

D'autre part, les couches d'air qui par frottement produisent la houle ne dépassent pas, en épaisseur, 200 m.

Or, l'énergie cinétique d'une colonne d'air verticale de 200 m de haut et de 1 cm² de section animée d'une vitesse de 10 m/sec. est égale à

$$\frac{1}{2} \times 20000^{cm^3} \times \frac{1{,}^{gr}3}{1000} \times 1000^2 = 13.10^6\ c.g.s.$$

En comparant ces deux énergies, on voit que les houles sont produites par une perte de 1/10 de la vitesse de l'air dans les couches basses. Si nous calculons le gradient dû à cette perte de vitesse, nous trouvons une quantité négligeable :

$$\frac{dp}{dr} = \frac{1}{10}\left(\frac{1}{2}v^2\right)\frac{\omega}{dr} = \frac{1\ ^{m/m}}{200.000} \text{ pour } dr = 111 \text{ km}$$

Gradient dû à l'énergie dissipée dans l'élévation au niveau de la mer

Bien que le marégramme bien orienté vers le centre du cyclone n'ait pas accusé une dénivellation sensible, si nous supposons une dénivellation de 1 mètre,

l'énergie mise en jeu serait de 98100 cgs beaucuop plus petite encore que l'énergie des houles laquelle produit un gradient négligeable.

Gradient dû à la libération de l'énergie de condensation de la vapeur d'eau

Nous avons vu ce qu'il en était dans le cas de la condensation par détente dans l'ascension verticale : le gradient produit est — 8,4 mm si l'air suit une pente de 1/1000 le long du rayon.

Mais il y a également une détente dans le mouvement horizontal ; les formules de la détente adiabatique donnent, dans le cas d'une détente de 23 mm :

$$\left| \begin{array}{l} pv = RT \\ pv^{\gamma} = C^{te} \end{array} \right.$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{\gamma}{\gamma-1}\frac{dT}{T}$$

avec $\frac{dp}{p} = \frac{3}{100}$ $(dp = 23^{m/m})$ $\gamma = 1{,}4$ $T = 300^{\circ}$

on trouve $dT = 2^{\circ},6$

Si les conditions initiales étaient : humidité 80% ; température 27°, la détente ne conduirait pas au point de saturation.

Si les conditions initiales étaient 88%, 27°, d'après les tables de Neuhoff, il y aurait 0 gr 8 d'eau libérée, donc une énergie mise en jeu de 200 kgm.

Si x est l'énergie libérée pour une détente $\frac{dp}{p}$

$$x = \frac{200}{\frac{3}{100}} \times \frac{dp}{dp} = K\frac{dp}{p}$$

Or, K = 6666 kqm et le gradient de pression est

$$\frac{dp}{dr} = -K \times \frac{dp}{p} \times \frac{\omega}{dr} = -0{,}9\frac{dp}{dr}$$

Le gradient de pression est, dans ce cas, diminué des 9/10.

Le gradient dynamique peut donc disparaître entièrement si l'air qui se détend horizontalement est près du point de saturation.

Gradient dû au travail des forces d'inertie d'entraînement de la rotation de la Terre

Comme la force déviante est toujours normale au déplacement, son travail élémentaire est nul et le gradient qui lui correspond nul également.

Gradient dû au travail élémentaire de la force d'inertie de rotation $\frac{u^2\omega}{rg}$

Nous donnons, dans le tableau ci-joint, les valeurs de ce gradient et de celui de la variation de force-vive radiale pour deux trajectoires d'air et pour la trajectoire du « Ville d'Oran ».

TRAJECTOIRE I

Gradients (en m/m de mercure pour 111 km suivant r)

	v	u	w	r^{km}	$\frac{u^2\omega}{rg}$	$w\frac{dw}{dr} \times \frac{\omega}{g}$
	m/sec				m/m	m/m
a	5	3	4	700	1/100	
b	7	4	6	500	3/100	— 0,04
c	18	11	14	400	0,3	— 1,12
d	18	15	10	250	0,9	0,25
e	10	9	4	170	0,5	0,33
f	18	18	2	150	2,1	1 m/m de mercure

TRAJECTOIRE II

	v	u	w	r	$\frac{u^2\omega}{rg}$	$w\frac{dw}{dr} \times \frac{\omega}{g}$
						m/m
a	6	6	0	700	0	— 0,2
b	9	9	0	550	0	— 0,2
c	9	9	0	400	0	0
d	11	11	0	300	0	— 0,2
e	9	9	0	200	0	0,18
f	7	7	2	150	0,4	0,32

TRAJECTOIRE « VILLE D'ORAN »

	v	u	w	r	$\frac{u^2\omega}{rg}$	$w\frac{dw}{dr} \times \frac{\omega}{g}$
						m/m
a	9	— 3	5	700	0,03	
b	9	— 3	5	600	0,03	0
d	11	0	11	500	0,24	0
e	7	0	7	400	0,12	0
f	11	0	11	300	0,4	0
g	11	6	6	200	0,18	— 0,36
h	7	5	4	100	0,16	+ 0,08
i	7	4	4	50	0,32	0

DE MONTS

Chef du Service Météorologique de la Réunion

Comparaison de la méthode des moyennes avec celle des combinaisons linéaires dans l'étude des variations diurnes

Les données horaires peuvent être utilisées de manière bien différente dans la recherche des composantes diurne et semi-diurne des phénomènes naturels, comprenant à côté de variations périodiques des variations accidentelles. On peut effectuer sur les données soit des moyennes, comme c'est généralement l'usage, soit des combinaisons linéaires appropriées.

I. *Usage des moyennes.* — On sait que les moyennes horaires sont employées pour éliminer les perturbations accidentelles ainsi que les variations sinusoïdales de période différente de 24 heures et de ses harmoniques. Le calcul des probabilités permet d'examiner, dans une certaine mesure, jusqu'à quel point les perturbations sont éliminées. Il est nécessaire de rechercher aussi ce qui peut subsister des composantes sinusoïdales étrangères ; c'est ce dernier problème que nous allons envisager, en remarquant que les moyennes horaires ne sont, en réalité, qu'un cas particulier des combinaisons linéaires dont nous allons rappeler le principe.

II. — *Emploi des combinaisons linéaires.* — D'une manière générale, on substitue à un graphique donné C d'autres graphiques sur lesquels apparaissent directement les composantes élémentaires à trouver. La courbe C est supposée définie par les valeurs successives des ordonnées y (valeurs horaires par exemple). Les nouveaux graphiques sont obtenus en remplaçant chacune des ordonnées y par une nouvelle ordonnée résultant d'additions faites sur des ordonnées voisines d'après certaines règles indiquées plus loin.

Soit :

$y_{-m}, y_{-m+1}, \ldots, y_{-2}, y_{-1}, y_0, y_1, y_2, \ldots, y_{m-1}, y_m$ une suite de $2m + 1$ ordonnées équidistantes de la courbe C comprenant m valeurs de part et d'autre de y_0. On substitue à chaque ordonnée telle que y_0 une nouvelle ordonnée R_m résultant d'une combinaison linéaire d'ordonnées voisines :

$$R_m = K_0 y_0 + K_1 (y_1 + y_{-1}) + K_2 (y_2 + y_{-2}) + \ldots + K_m (y_m + y_{-m}), \qquad (1)$$

$K_0, K_1, \ldots K_m$ étant des coefficients convenablement choisis pour isoler, avec l'approximation désirée, une composante élémentaire. On démontre que la sinusoïde à laquelle se réduit le graphique C' ainsi obtenu possède bien la période n et la phase de la composant élémentaire cherchée, mais que son amplitude est égale au produit de l'amplitude vraie par un coefficient

$$\rho_m = K_0 + K_1 \alpha_1 + K_2 \alpha_2 + \ldots + K_m \alpha_m ,$$

$$(\alpha_m = 2 \cos 2 \pi \frac{m}{n}), \qquad (2)$$

appelé *facteur d'amplitude.*

La sélectivité de la transformation (1) dépend des valeurs de K et de m. Il faudra naturellement trouver autant de systèmes de valeurs de K qu'il y a de composantes simples à extraire.

Dans la pratique, le plus simple est d'effectuer une série d'opérations élémentaires successives dont le résultat final est, en réalité, équivalent à (1). Si les composantes sinusoïdales sont inconnues, on peut alors les isoler d'une manière progressive et pour ainsi dire expérimentale ; si l'on se propose seulement d'extraire une composante de période connue, le choix des combinaisons à effectuer résulte immédiatement de l'examen des courbes de sélectivité représentant les facteurs d'amplitude en fonction de la période n.

Parmi les opérations élémentaires, nous distinguons les suivantes :

1° *Combinaisons simples* : elles comprennent les combinaisons simples d'addition dans lesquelles chaque ordonnée y_0 est remplacée par la somme Y_m de deux autres ($Y_m = y_m + y_{-m}$), et auxquelles correspond le facteur d'amplitude $\alpha_m = 2 \cos 2 \pi \frac{m}{n}$, et les combinaisons simples de différences $Z_m = \pm (y_m - y_{-m})$ auxquelles correspond le facteur d'amplitude $\beta_m = 2 \sin 2 \pi \frac{m}{n}$.

2° *Combinaisons complexes.* — Les principales sont :

		Facteurs d'Amplitude
a)	$S_m = Y_0 + Y_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Y_m \; (Y_0 = 2y_0)$	$\Sigma_m = 2 + \alpha_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \alpha_m$
b)	$s_m = y_0 + Y_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Y_m$	$\sigma_m = 1 + \alpha_1 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \alpha_m$
c)	$T_m = Z_1 + Z_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Z_m$	$\tau_m = \beta_1 + \beta_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \beta_m$
d)	$(S_m)_N = Y_0 + Y_N + Y_{2N} + \ldots + Y_{mN}$	$(\Sigma_m)_N = 2 + \alpha_N + \ldots\ldots\ldots\ldots + \alpha_{mN}$
e)	$(s_m)_N = y_0 + Y_N + Y_{2N} + \ldots + Y_{mN}$	$(\sigma_m)_N = 1 + \alpha_m + \ldots\ldots\ldots\ldots + \alpha_{mN}$
f)	$(S_m)_{\frac{N}{2}} = Y_0 - Y_{\frac{N}{2}} + Y_{\frac{2N}{2}} - \ldots + (-1)^m Y_{\frac{mN}{2}}$	$(\Sigma_m)_{\frac{N}{2}} = 2 - \alpha_{\frac{N}{2}} + \ldots\ldots\ldots\ldots + (-1)^m \alpha_{\frac{mN}{2}}$
g)	$(s_m)_{\frac{N}{2}} = y_0 - Y_{\frac{N}{2}} + Y_{\frac{2N}{2}} - \ldots + (-1)^m Y_{\frac{mN}{2}}$	$(\sigma_m)_{\frac{N}{2}} = 1 - \alpha_{\frac{N}{2}} + \ldots\ldots\ldots\ldots + (-1)^m \alpha_{\frac{mN}{2}}$
h)	$(T_m)_{\frac{N}{4}} = Z_{\frac{N}{4}} - Z_{\frac{3N}{4}} + Z_{\frac{5N}{4}} - \ldots \pm Z_{\frac{mN}{4}}$	$(\tau_m)_{\frac{N}{4}} = \beta_{\frac{N}{4}} - \beta_{\frac{3N}{4}} + \beta_{\frac{5N}{4}} - \ldots \pm \beta_{\frac{mN}{4}}$

N désigne le nombre entier (pair dans *e)* et *f)* le plus voisin de la période à extraire ; dans *h)*, N représente le multiple de 4 le plus voisin de cette période.

3° *Combinaisons multiples* (combinaisons de combinaisons). Nous désignons ainsi le résultat de plusieurs opérations successives : la première, faite sur la courbe C, fournit une transformée C' ; la deuxième, faite sur C', donne une nouvelle transformée C'', etc. Nous les représentons par un produit symbolique pour rappeler que le facteur d'amplitude final est donné par le produit des divers facteurs d'amplitude des combinaisons successives. Citons, par exemple :

	Facteurs d'Amplitude
$\Pi\,(Y) = Y_m\, Y_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad Y_r$	$\Pi\,(\alpha) = \alpha_m\, \alpha_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \alpha_r$
$\Pi\,(Z) = Z_m\, Z_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad Z_r$	$\Pi\,(\beta) = \beta_m\, \beta_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \beta_r$
$\Pi\,(S) = S_m\, S_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad S_r$	$\Pi\,(\Sigma) = \Sigma_m\, \Sigma_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \Sigma_r$
$\Pi\,(s) = s_m\, s_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad s_r$	$\Pi\,(\sigma) = \sigma_m\, \sigma_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \sigma_r$
$\Pi\,(T) = T_m\, T_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad T_r$	$\Pi\,(\tau) = \tau_m\, \tau_p \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \tau_r$
$\Pi\,(S)_N = (S_m)_N\,(S_p)_N \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (S_r)_N$	$\Pi\,(\Sigma)_N = (\Sigma_m)_N\,(\Sigma_p)_N \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\Sigma_r)_N$
$\Pi\,(s)_N = (s_m)_N\,(s_p)_N \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (s_r)_N$	$\Pi\,(\sigma)_N = (\sigma_m)_N\,(\sigma_p)_N \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\sigma_r)_N$
$\Pi\,(S)_{\frac{N}{2}} = (S_m)_{\frac{N}{2}}\,(S_p)_{\frac{N}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (S_r)_{\frac{N}{2}}$	$\Pi\,(\Sigma)_{\frac{N}{2}} = (\Sigma_m)_{\frac{N}{2}}\,(\Sigma_p)_{\frac{N}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\Sigma_r)_{\frac{N}{2}}$
$\Pi\,(s)_{\frac{N}{2}} = (s_m)_{\frac{N}{2}}\,(s_p)_{\frac{N}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (s_r)_{\frac{N}{2}}$	$\Pi\,(\sigma)_{\frac{N}{2}} = (\sigma_m)_{\frac{N}{2}}\,(\sigma_p)_{\frac{N}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\sigma_r)_{\frac{N}{2}}$
$\Pi\,(T)_{\frac{N}{4}} = (T_m)_{\frac{N}{4}}\,(T_p)_{\frac{N}{4}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (T_r)_{\frac{N}{4}}$	$\Pi\,(\tau)_{\frac{N}{4}} = (\tau_m)_{\frac{N}{4}}\,(\tau_p)_{\frac{N}{4}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (\tau_r)_{\frac{N}{4}}$

C'est en associant ces différents types de combinaisons qu'on réalise la transformation équivalente à (1) ; elle sera par exemple :

$$S_m\, S_p\, Z_{m'}\, Z_{p'}\, (s_q)_{\frac{N}{2}}\, (s_r)_{\frac{N}{2}} \qquad (3)$$

le facteur d'amplitude correspondant est :

$$\Sigma_m\, \Sigma_p\, \beta_{m'}\, \beta_{p'}\, (\sigma_q)_{\frac{N}{2}}\, (\sigma_r)_{\frac{N}{2}}$$

Les propriétés des différentes combinaisons ont été étudiées dans d'autres Mémoires [1] ; rappelons que, d'une part, les combinaisons Π (Z) suppriment pratiquement les composantes de grande période, alors que les combinaisons Π (S) rendent négligeables celles de petite période, de sorte qu'un choix convenable de combinaisons S et Z permet de réaliser un champ d'amplification limité à un intervalle restreint de périodes intermédiaires comprenant la composante à isoler dont nous supposons la période n connue. D'autre part, les combinaisons très sélectives du type $(s_n)_{\frac{N}{2}}$ laissent subsister les harmoniques impairs de la période fondamentale N, que l'on supprime en associant à ce type des combinaisons

(1) *Ann. de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, t. VII, 1929, p. 190 ; t. IX, 1931, p. 99 ; t. XI, 1933, p. 93.

S et Z. C'est cette association (3) qui sera considérée dans la comparaison avec la méthode des moyennes.

Remarquons que cette dernière n'est qu'un cas particulier de la méthode des combinaisons. Les moyennes diurnes, mensuelles ou annuelles employées en physique du globe sont, en effet, équivalentes, au facteur $2m+1$ près, à des combinaisons s_m dont le facteur d'amplitude est σ_m (et non pas à $2m+1$ comme on l'admet habituellement).

Quant aux moyennes horaires, utilisées dans l'étude des composantes diurne et semi-diurne, ce sont des combinaisons du type

$$(s_m)_{24} \qquad (4)$$

dont le facteur d'amplitude, $1 + \alpha_{24} + \ldots\ldots + \alpha_{24m}$, est égal à $2m+1$ pour la composante de période 24 ainsi que pour tous ses harmoniques pairs et impairs, puisque chacun des α est alors égal à 2 (formule 2).

Le problème proposé revient donc à comparer les courbes de sélectivité des combinaisons (4) et (3). Nous prendrons comme exemple celui des moyennes horaires semi-mensuelles, c'est-à-dire la combinaison

$$(s_7)_{24} \qquad (4\ bis)$$

La figure, où l'on a représenté en I la courbe de sélectivité, en portant en abscisses les valeurs des périodes n et en ordonnées les valeurs du facteur d'amplitude $(\sigma_7)_{24}$, montre des maxima principaux pour la période 24 et ses harmoniques et, entre ceux-ci, d'autres maxima secondaires d'amplitude variable, mais dont certains sont encore notables [1]. Au delà de $n = 48$, l'amplitude de ces maxima augmente et tend vers une valeur limite égale à l'amplitude des maxima principaux quand n croît indéfiniment. Les moyennes, qui présentent l'avantage d'avoir une grande sélectivité laissent donc subsister tous les harmoniques et, de plus, une série d'autres composantes, s'il en existe dans les données. Sur la figure, en I, on a changé l'échelle des abscisses à partir de $n = 72$ pour représenter une plus grande portion de la courbe de sélectivité.

Examinons maintenant les résultats obtenus par des combinaisons du type (3) (voir fig. p. 182). Si nous scindons l'ensemble des opérations qu'elles désignent en deux parties, l'une comprenant la combinaison $S_m S_p Z_{m'} Z_{p'}$ et l'autre la combinaison $(s_q)_{\frac{N}{2}} (s_r)_{\frac{N}{2}}$, nous savons que la première a pour but, en choisissant convenablement les valeurs de m, p, m' et p', de limiter à un intervalle restreint le domaine des composantes fortement amplifiées autour de la période désirée, ici 24. La seconde combinaison présente l'intérêt suivant : elle a une sélectivité comparable à celle des moyennes, quoiqu'un peu moindre, dans la région $n = 24$ et, en outre, elle rend négligeables les harmoniques pairs ainsi que les grandes périodes ; enfin, l'amplitude relative des maxima secondaires est fortement diminuée. La sélectivité, aux environs de la période N, dépend de q et de r.

En vue de rendre comparables les conditions d'emploi des combinaisons et de la méthode des moyennes, nous devons nous imposer d'utiliser, dans l'un et l'autre cas, le même nombre de données ; les moyennes semi-mensuelles portant sur $24 \times 15 = 360$ valeurs, si nous voulons comparer la sélectivité de $(s_q)_{\frac{24}{2}} (s_r)_{\frac{24}{2}}$ à celle des moyennes, nous devons faire une combinaison qui utilise un nombre égal de données, par exemple $(s_6)_{\frac{24}{2}} (s_8)_{\frac{24}{2}}$. La courbe en pointillé du graphique II donne la courbe de sélectivité correspondante ; l'échelle des ordonnées a été choisie de manière à rendre l'amplitude du maximum principal égale à celle du maximum correspondant de la courbe I. On voit que les oscillations situées de part et d'autre du maximum principal sont très faibles.

On pourrait encore améliorer ce résultat en employant trois combinaisons au lieu de deux du type précédent, utilisant encore le même nombre total de données, par exemple $(s_3\ s_5\ s_6)_{\frac{24}{2}}$. La courbe de sélectivité correspondante est représentée en trait plein dans le graphique II. On constate que, cette fois, les petites oscillations latérales ont presque disparu, tandis que la boucle du maximum est un peu plus large. C'est là le résultat général d'une étude plus complète : on trouve que, pour une série de combinaisons distinctes utilisant le même nombre de données, la sélectivité au voisinage du maximum diminue lorsque diminue l'amplitude des boucles adjacentes et inversement. Le choix de la combinaison à adopter dépend des conditions, par exemple de la proximité plus ou moins grande, avec $n = 24$, des périodes existant en même temps que la composante de période 24.

Dans le cas où l'on ne possède aucun renseignement sur le nombre et sur la période des composantes parasites, il est nécessaire d'associer, comme nous l'avons fait en (3), les combinaisons précédentes aux combinaisons $S_m\ S_p\ Z_{m'}\ Z_{p'}$. Une combinaison convenable à envisager serait alors, par exemple :

$$S_3\ S_4\ Z_5\ Z_6\ (s_6\ s_7)_{\frac{24}{2}} \qquad (3\ bis)$$

Cette combinaison qui emprunte sensiblement le

(1) L'amplitude de la plus petite boucle est la fraction $\frac{1}{2m+1}$ de celle des maxima principaux.

même nombre de valeurs que les moyennes est un peu moins sélective, dans la région $n = 24$ que $(s_6\ s_8)\frac{24}{2}$, mais a sur cette dernière l'avantage de supprimer pratiquement toutes les composantes qui peuvent exister dans les données en dehors de l'intervalle de périodes correspondant au maximum principal unique de la courbe de sélectivité (courbe III), tandis que la combinaison $(s_6\ s_8)\frac{24}{2}$ employée seule, laisserait subsister les harmoniques impairs de 24.

Sans y insister, ajoutons que les considérations précédentes s'appliquent aussi à la composante semi-diurne qui peut être isolée par des combinaisons (3) convenablement choisies.

Nous pouvons encore comparer la méthode des combinaisons à celle des moyennes à un autre point de vue qui est l'étude de la variation d'amplitude, au cours du temps, de la composante étudiée. Dans la dernière, on doit substituer à chaque ordonnée une moyenne, ce qui conduit au tracé d'une courbe où toutes les valeurs sont « arrondies », mais où, forcément, l'amplitude vraie peut être assez fortement faussée par des opérations où les ordonnées lointaines interviennent avec la même importance que l'ordonnée centrale y_0. Dans la méthode des combinaisons, au contraire, les différentes ordonnées sont affectées de coefficients différents, ce qui donne comme on va le voir une prédominance à la région voisine de y_0 et ce qui permet, par conséquent, de suivre les variations d'amplitude avec plus d'exactitude. Rappelons en effet que tous les types de combinaisons peuvent être mis sous la forme (1) ; le calcul des coefficients K de cette dernière montre que K_0 et ses voisins immédiats sont les plus grands.

Par exemple $S_3 S_4 Z_5 Z_6$ utilisé dans (3 *bis*) est équivalent à :

$$18\,y_0 + 18\,(y_1 + y_{-1}) + 16\,(y_2 + y_{-2}) + 13\,(y_3 + y_{-3}) + 9\,(y_4 + y_{-4}) + 5\,(y_5 + y_{-5}) + (y_6 + y_{-6}) - 3\,(y_7 + y_{-7}) - 6\,(y_8 + y_{-8}) - 8\,(y_9 + y_{-9}) - 9\,(y_{10} + y_{-10}) - 10\,(y_{11} + y_{-11}) - 9\,(y_{12} + y_{-12}) - 8\,(y_{13} + y_{-13}) - 7\,(y_{14} + y_{-14}) - 5\,(y_{15} + y_{-15}) - 3\,(y_{16} + y_{-16}) - 2\,(y_{17} + y_{-17}) - (y_{18} + y_{-18}).$$

Il en résulte un nouvel avantage de la méthode des combinaisons sur celle des moyennes pour suivre les variations d'amplitude des phénomènes périodiques en fonction du temps.

H. Labrouste
Professeur à la Faculté des Sciences

Mme Y. Labrouste
Préparateur à l'Ecole des Hautes Etudes

NOTES ET INFORMATIONS

Le **concours** institué les 7 et 8 octobre, au Ministère des Colonies, pour le recrutement de 8 ingénieurs-météorologistes stagiaires des colonies a donné lieu au classement suivant :

Nos 1 MM. Charlet, Licencié ès-sciences ;
2 Scarrone, Ingénieur d'agronomie coloniale ;
3 Facy, Licencié ès-sciences, Licencié ès-lettres, Ingénieur de l'Ecole supérieure d'optique ;
4 Giovanelli, Licencié ès-sciences.
5 Rogez, ancien élève de l'Ecole Polytechnique ;
6 Le Flohic, Licencié ès-sciences ;
7 Desbordes, Ingénieur de l'Ecole supérieure d'aéronautique ;
8 Le Meltier, Ingénieur agronome.

Par **arrêté du Ministre des Colonies** en date du 31 octobre 1935, M. Molard, Ingénieur des Mines, reçu au concours des 5 et 6 février 1935, a été nommé Ingénieur-Météorologiste adjoint stagiaire des colonies et affecté à la Martinique.

Le premier **Salon de la France d'Outre-Mer** a ouvert ses portes le 28 novembre 1935. Parmi les organismes scientifiques représentés figurait le Service Météorologique Colonial, à qui un stand avait été réservé. L'activité de ce service a pu être traduite aisément pour toutes les disciplines de la Physique du Globe (Séismologie, Météorologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Hydrologie, Volcanologie). Les premiers essais de reconstitution dans l'espace d'un grain orageux en Afrique occidentale et d'un typhon en Indochine ont été présentés dans ce stand.

La **Commission interministérielle de Photogrammétrie** s'est réunie, le 18 octobre 1935, sous la présidence de M. l'Ingénieur hydrographe général Cot, Chef du Service hydrographique de la marine.

L'ordre du jour comportait notamment la lecture, par le représentant du Ministère des Colonies, du rapport des délégués de ce ministère et l'exposé, par le Service hydrographique de la Marine, de l'appli-

cation possible de la photogrammétrie au relevé des côtes et des fonds.

Il résulte de l'examen d'ensemble poursuivi par la Commission qu'un champ immense pourra être réservé à la photogrammétrie aux colonies du jour où celle-ci s'adaptera plus spécialement à l'élaboration de documents au 1/100.000 et au 1/200.000. Les procédés actuellement mis au point se rapportent en effet à des échelles notablement plus grandes. Il y a donc une formule nouvelle à trouver et celle-ci doit être l'objet d'un examen spécial.

Par un arrêté en date du 21 octobre 1935 le Gouverneur Général de l'A. O. F. a apporté certaines modifications au **réseau météorologique de la grande fédération africaine.** La nouvelle constitution de ce réseau sera donné dans un prochain numéro.

L'**Observatoire de Volcanologie du Morne des Cadets** (Martinique), dont la construction a été récemment achevée, sera inauguré à l'occasion des fêtes du troisième centenaire du rattachement des Antilles à la France.

BIBLIOGRAPHIE

Bossolasco (M.). — **Salinità, nuclei di condensazione et precipitazioni,** *Bollettino del Com. per la Geodesia e la Geofisica del Consiglio Nazionale delle Ricerche.* Serie II, Anno IV, N° 1-2, juglio 1934, XII.

L'auteur a déterminé la salinité de l'air à Mogadiscio (Somalie italienne) pendant la période où souffle la mousson du Sud-Ouest. Les chiffres trouvés s'accordent bien avec la loi de distribution formulée par M. Köhler. La proportion des noyaux de condensation augmente rapidement dans l'air quand on passe de l'Océan aux régions continentales. Il y a, enfin, une relation étroite entre l'augmentation des noyaux de condensation et les nuages ou la pluie.

***

Bossolasco (M.). — **Rapport sur les travaux exécutés à la station géophysique temporaire de Modigasco (Afrique) entre le 1er août 1932 et le 31 juillet 1933.** *Union Géodésique et Géophysique internationale, Compres-rendus de l'Assemblée de Lisbonne,* pp. 73 et suiv., 1934. Copenhague (Horsholm Bogtrykkeri-Horsholm), 1934.

Indications très succinctes sur les installations et sur les retards apportés au fonctionnement des appareils.

Savornin (André). — **Carte géologique de reconnaissance [de Madagascar]** au 200.000e. Notice explicative de la feuille Betroka. Carte en couleurs (du même auteur) jointe. Tananarive (Imprimerie officielle) 1934.

Cette très intéressante notice ne contient, comme élément se rapportant directement à la Physique du Globe, que quelques indications relatives à des roches éruptives récentes (diabases).

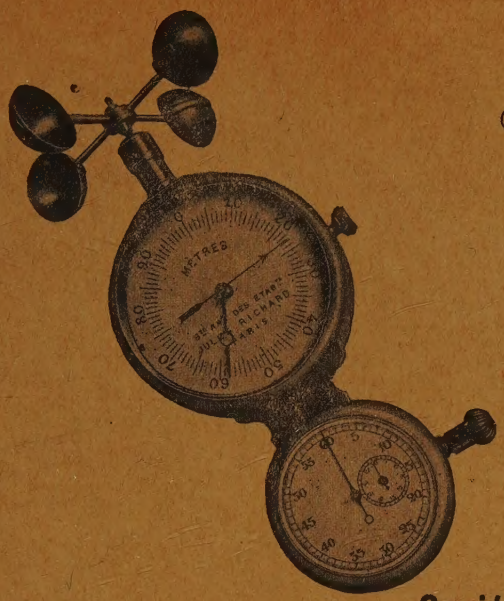
***

Bossolasco (M.). — **La stazione geofisica di Mogadiscio.** *Bolletina del Com. Naz. Italiano per la Geodesia e la Geofisica.* Seconde série, Anno II, N° 11-12, nov.-déc. 1931, XI.

La station géophysique de Mogadiscio se trouve en Afrique, sur le rivage de l'Océan Indien, par 2°2'3'' de latitude Nord et 45°21'20'' de long. W. Greenwich. Elle est très luxueusement installée et possède le matériel des grands observatoires de Physique du Globe. Les travaux qui y sont poursuivis sont relatifs à la météorologie (pression, température, humidité, évaporation, précipitations, radiation solaire, etc.), au magnétisme terrestre, aux courants telluriques et à l'aérologie.

L'Éditeur-Gérant : R. Pinardon.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1935



Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

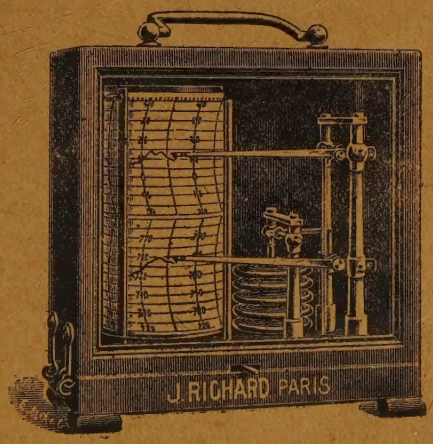
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

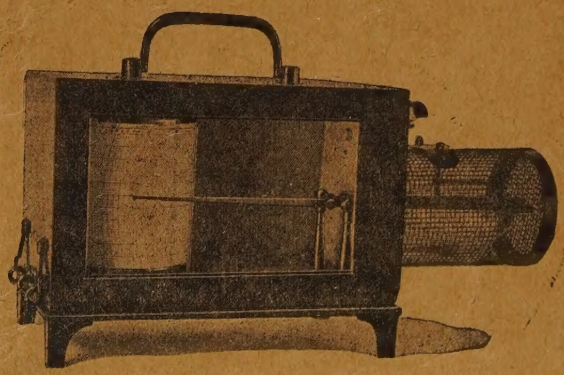
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

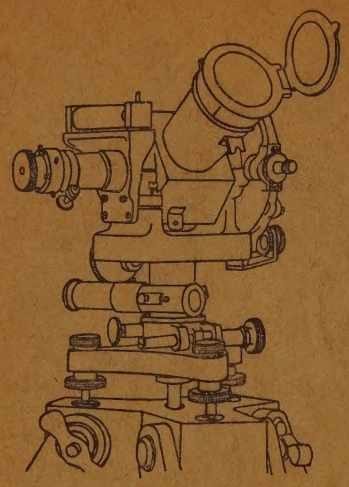
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY - LORIEUX - PONTHUS et THERRODE

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

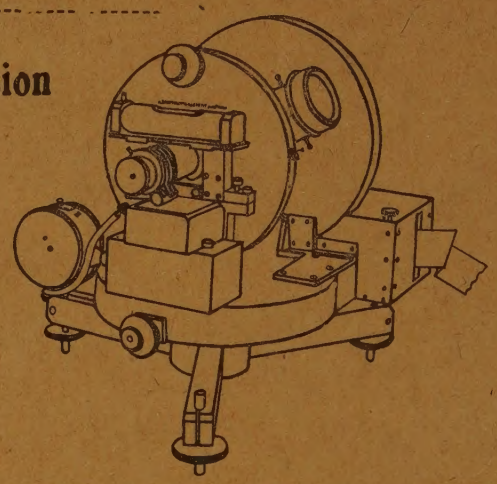
Tél. Alésia 26-37 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1935.